INSTITUT DE RECHERCHE
D'HYDRO-QUÉBEC

AFFAIRES
INTERNATIONALES

TECHNOLOGIE

RAPPORT D'ACTIVITÉ 1989

HYDRO-QUÉBEC

LE GROUPE TAI

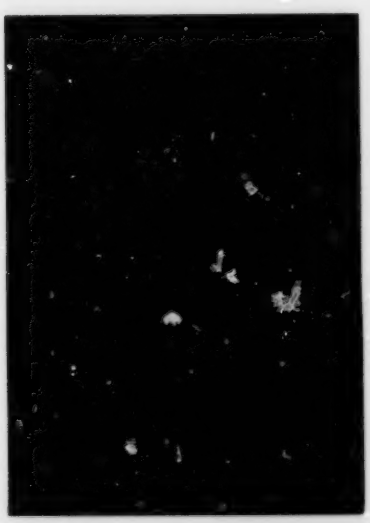
91-02691/

Le groupe Technologie, Affaires internationales et Institut de recherche d'Hydro-Québec effectue des recherches, des essais et des travaux de développement et de démonstration dans les domaines du transport, de la distribution, de la production et des applications industrielles de l'électricité.

Appareillage électrique, câbles, lignes aériennes, isolation interne et externe, mécanique, électronique, chimie et technologie des matériaux, simulation et analyse de réseaux, électrotechnologies industrielles, tels sont ses grands domaines d'activité. Le groupe commercialise, seul ou avec des partenaires extérieurs, certains des produits mis au point dans ses laboratoires et dans d'autres services d'Hydro-Québec. Il planifie pour l'entreprise les grandes orientations technologiques des années à venir. Grâce à sa filiale Hydro-Québec International, il met le savoir-faire de l'entreprise au service de quelque 25 pays dans le monde.

Le groupe TAI compte 572 postes permanents, auxquels s'ajoutent une centaine de postes temporaires ainsi que le personnel de ses filiales. Il dispose d'importantes installations de recherche et d'essais : deux grands laboratoires, l'un à haute tension et l'autre de grande puissance, pour les essais de matériels et de réseaux à très haute tension, un centre d'études et de simulation de réseaux, et un laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies.

En plus des travaux qu'il effectue pour Hydro-Québec, le groupe TAI réalise des recherches et des essais pour des clients extérieurs.



La nouvelle aire d'essais de câbles souterrains à haute tension a été mise en service à la fin de l'année au laboratoire Haute tension. On y teste présentement trois prototypes de câbles à ± 500 kV c.c. Ces essais dureront près d'un an et serviront à choisir le câble qui sera utilisé pour la traversée du fleuve Saint-Laurent.

TABLE DES MATIÈRES

5 **MESSAGE DU VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF**

6 **FAITS SAILLANTS DE 1989**

10 **ORGANIGRAMME DU GROUPE TAI ET DE SES FILIALES**

12 **PLANIFICATION DE LA TECHNOLOGIE**

14 **PRODUCTION**

14 Robotisation de l'entretien sur place des roues de turbine hydraulique
15 Simulation de la production en vue de la planification annuelle
15 Modélisation et simulation numérique des installations hydroélectriques
16 Évaluation de la fiabilité des parcs de production interconnectés
16 Analyse de l'eau des circuits des centrales nucléaires canadiennes
17 Examen des conduites forcées de la centrale de Bersimis 2
17 Système de protection numérique des alternateurs
17 Mesure des vibrations des barres statoriques
18 Surveillance de l'usure des systèmes collecteurs
18 Travaux sur les turbines hydrauliques
18 Étude comparative des matériaux de réparation du béton érodé
19 Jumelage éoliennes-diesels
19 Problématique des piles à combustible pour les réseaux non reliés

Enceinte à vide (UHV) pour la préparation d'échantillons en couches minces.

20 **TRANSPORT**

20 Essais des prototypes de câbles à ±500 kV de la traversée sous-fluviale
21 Nouvelle version du programme d'analyse harmonique
22 Système expert de diagnostic d'appareillage (SEDA)
22 Projet EXSEMPLE – Conception de postes par ordinateur
22 Simulation de courant continu dans le réseau à courant alternatif d'Hydro-Québec
23 Production en série d'un nouveau disjoncteur au SF_6
23 Système d'évaluation de relais et d'automatismes (SERA)
24 Mesure du décentrage des manchons de câbles
24 Assemblage par soudage des conducteurs électriques
24 Système de mesure du décalage angulaire
25 Travaux sur les fibres optiques
26 Raccord asynchrone en quadrature
26 Effets des feux de forêt sur les lignes de transport
26 Système de mesure du courant de foudre sur les lignes de transport
27 Amélioration de la performance des traversées murales et des extrémités de câbles HTCC
28 Effets du verglas et de la neige sur l'isolation des lignes de transport
28 Effets biologiques des champs électriques et magnétiques
29 Comportement mécanique de l'équipement de poste
29 Étude des faisceaux de conducteurs surtendus
30 Modèle de calcul de l'auto-amortissement des conducteurs
30 Modélisation des systèmes conducteurs-entretoises-amortisseurs
30 Études sur l'implantation de la compensation série
31 Étude de l'interconnexion Châteauguay
31 Essais électriques au laboratoire Grande puissance
32 Essais mécaniques au laboratoire Grande puissance
32 Essais sur des équipements de transport en commun
33 Essais au laboratoire Haute tension
33 Création d'un centre d'innovation technologique

34 **DISTRIBUTION**

34 Mise au point d'un nouveau parafoudre de distribution hautement sécuritaire
35 Mesure de la qualité de l'onde de tension chez la clientèle
36 Mise au point d'un perturbographe pour la surveillance de la qualité de l'électricité
36 Sécurité du public face aux arcs de défaut dans les réseaux de distribution souterrains
37 Transformateur à 100 kVA à circuit magnétique en acier amorphe
37 Mécanisme final de rupture des câbles de distribution
37 Modifications aux normes touchant les câbles
38 Modèle de vieillissement électrique des câbles à isolation extrudée
38 Oxydation dans les arborescences d'eau
38 Ajout de modules au système PRD
39 Diffusion du pentachlorophénol dans l'environnement
40 Les raccords aluminium-cuivre en environnement salin
40 Corrosion dans les chambres souterraines
40 Essais au laboratoire Grande puissance

42 **APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ**

42 Essais et démonstrations des plasmas à des fins industrielles
43 Électrocoagulation de la luzerne
44 Électrosynthèse organique
45 Mise au point d'un système de chauffage à bi-énergie intégrée
46 Pompe à chaleur à appoint non électrique
46 Travaux pour l'industrie
46 Nouveaux équipements au LTEE

47 **MATÉRIAUX, TECHNIQUES D'ESSAIS ET APPAREILS DE MESURE**

47 Sonde de détection d'isolateurs perforés sur les lignes de transport
48 Travaux sur les huiles isolantes
48 Analyseur de courant de fuite
48 Séchage de traversées par micro-ondes
49 Nouveaux shunts de 25 microohms pour les essais d'alternateurs en centrale
50 Détection du méthyl-mercure dans les réservoirs hydroélectriques
50 Mise au point d'un système d'acquisition de données ultra-rapide
51 Système de mesure de la température sous tension

Mise en place d'un échantillon dans le diffractomètre à rayons X.

52 **PROJETS DE DÉVELOPPEMENT**

52 Projet euro-québécois de transport intercontinental d'hydrogène
53 Mise au point et commercialisation des accumulateurs ACEP
54 Mise au point d'un appareil pour le traitement de la fibrose kystique
54 Robot télémanipulateur pour le réseau de distribution
55 Projet CED-Micro
56 Systèmes experts

57 **FILIÈRES À LONG TERME**

57 Recherches en supraconductivité
58 Conversion catalytique du méthane en éthane et en éthylène
58 Activités en télérobotique
59 Fusion magnétique

61 **NOUVELLES INSTALLATIONS**

61 Aire d'essais de câbles à haute tension
62 Création d'un Centre d'interprétation des champs électriques et magnétiques
62 Construction d'une nouvelle ligne expérimentale d'essais mécaniques
63 Installation d'une poutre de levage au laboratoire Haute tension
63 Aménagement du centre d'études et de simulation de réseaux

64 **ACTIVITÉS COMMERCIALES**

64 Commercialisation de logiciels
65 Licence accordée pour une nouvelle électrotechnologie
65 Entente de commercialisation du PAVICA
65 Licences et projets conjoints de développement avec Les Industries Lyster

66 **COLLABORATION AVEC L'INDUSTRIE**

68 **ACTIVITÉS INTERNATIONALES**

68 Afrique
70 Asie - Océanie
71 Amérique du Sud
71 Interconnexions électriques multinationales
72 Activités reliées au Sommet des pays francophones

73 **PRIX ET DISTINCTIONS**

MESSAGE DU VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF

L'année 1989 a été marquée par de nombreuses réalisations et une grande diversité des activités au sein du groupe TAI. À titre d'exemple, je mentionnerai notamment les essais de câbles souterrains à haute tension, la mise au point d'un parafoudre de distribution très sécuritaire et les essais du robot compact destiné à la réparation des turbines. L'étude de faisabilité touchant la production d'hydrogène et son transport en Europe, les projets d'interconnexions électriques multinationales en Afrique et dans la péninsule arabique, la commercialisation de logiciels et la mise au point d'appareils de chauffage à bi-énergie intégrée comptent également parmi les faits saillants de l'année écoulée.

Ces multiples travaux, effectués tant pour le compte d'Hydro-Québec que d'entreprises et d'organismes variés, traduisent notre souci de répondre aux besoins de la clientèle et illustrent la collaboration fructueuse qui nous unit à nos partenaires du Québec et de l'étranger. Je profite ainsi de l'occasion pour rappeler à nos clients qu'ils trouveront au sein du groupe TAI des produits de qualité conçus par un personnel expérimenté et créatif. Je remercie ces hommes et ces femmes des efforts qu'ils ont consenti à maintenir notre tradition d'excellence.

Le groupe TAI, on ne peut que le constater, a désormais accédé à sa maturité. Les structures administratives mises en place il y a quelque temps ont été rodées ; elles se sont avérées efficaces et bien adaptées à nos besoins. Le processus de planification de la technologie est maintenant intégré à nos activités, de même que les mécanismes de mise à jour. Enfin, notre relation client-fournisseur est bien établie et notre personnel a été formé pour travailler selon cette nouvelle approche.

Je suis particulièrement fier de la richesse et de la diversité de nos réalisations. Je suis également convaincu que nous saurons ensemble, clients, partenaires et membres du groupe TAI, accomplir dans les années à venir de plus grandes choses encore.

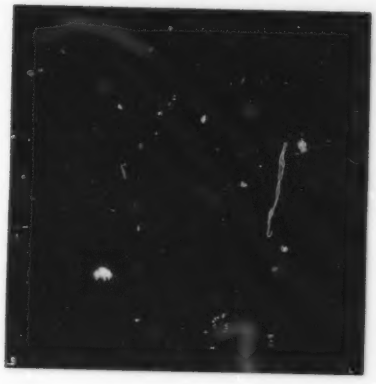
Le vice-président exécutif,
Groupe Technologie, Affaires internationales et Institut de recherche d'Hydro-Québec

Maurice Huppé

FAITS SAILLANTS DE 1989

Le personnel du groupe Technologie, Affaires internationales et Institut de recherche d'Hydro-Québec (TAI) a mené quelque 500 projets de recherche-développement au cours de l'année et réalisé au-delà de 300 contrats d'essais. Au total, plus de 100 millions de dollars ont été consacrés à la réalisation des objectifs technologiques d'Hydro-Québec au sein du groupe TAI. Au budget net d'exploitation de 43 millions s'est ajoutée une somme de près de 14 millions pour la réalisation de travaux pour le compte d'autres unités d'Hydro-Québec. Des revenus de 12 millions ont été obtenus d'organismes gouvernementaux, de sociétés d'électricité et d'entreprises industrielles pour des travaux de recherche et d'essais. Enfin, une somme de 35 millions a été consacrée aux immobilisations.

En plus d'avoir été mis à contribution pour la réalisation des objectifs de l'entreprise, notre savoir-faire a été exporté dans plus de vingt-cinq pays par l'intermédiaire d'Hydro-Québec International.



NOUVELLES INSTALLATIONS

D'importantes installations de recherche et d'essais ont été parachevées ou mises en chantier cette année. Soulignons d'abord la mise en service de l'aire d'essais de câbles souterrains à haute tension, qui sert depuis l'automne aux essais des prototypes de câbles à 500 kV c.c. de la future traversée sous-fluviale de la ligne reliant la Baie James à la Nouvelle-Angleterre. Située à proximité du laboratoire Haute tension, dont elle fait partie, l'aire d'essais occupe une superficie de 20 000 m² et permet de tester simultanément trois câbles en caniveau. Elle a été construite au coût de 13 millions de dollars.

La construction d'un centre d'interprétation des champs électriques et magnétiques a débuté cette année sur nos terrains. D'une superficie de 500 m², le centre présentera notamment aux visiteurs l'état actuel des connaissances en ce qui a trait aux effets biologiques des champs électriques et magnétiques, répondant ainsi à certaines préoccupations du public face à ce phénomène.

Une nouvelle ligne d'essais mécaniques sera construite dans le voisinage de l'IREQ. Elle sera consacrée à l'étude des effets des vents de faible intensité sur les conducteurs aériens. Quant au centre d'études et de simulation de réseaux, son aménagement s'est poursuivi tout au long de l'année. Signalons aussi qu'une nouvelle installation pour le déplacement de l'équipement lourd a été mise en place au laboratoire Haute tension, facilitant ainsi le déroulement des essais.

TRANSPORT D'ÉNERGIE

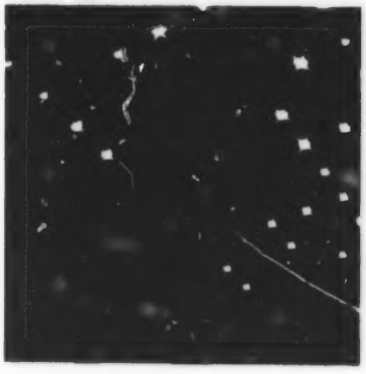
Le programme d'essais de câbles à 500 kV c.c. s'est poursuivi toute l'année sur des prototypes provenant de trois constructeurs. Réalisés au laboratoire Haute tension et dans la nouvelle aire d'essais extérieure, les essais s'échelonneront jusqu'à la fin de 1990 et serviront au choix du câble destiné à la traversée sous-fluviale du Saint-Laurent de la ligne reliant la Baie James à la Nouvelle-Angleterre. Par ailleurs, la production industrielle du disjoncteur grand froid, que nos spécialistes ont mis au point avec la firme GEC Alsthom Énergie, a débuté cette année ; deux disjoncteurs seront installés en réseau au début de 1990.

Une étude sur les fibres optiques intégrées à un câble de garde a été effectuée au cours de l'année à notre ligne expérimentale d'essais mécaniques. Nous avons également étudié sur simulateur les contraintes d'implantation de la compensation série sur le réseau, et testé les performances des relais de protection requis. Le simulateur a aussi servi à étudier les problèmes liés à l'interconnexion Châteauguay entre les réseaux québécois et américain, ce qui nous a permis de proposer divers correctifs.

Nous avons par ailleurs mis au point une nouvelle version du programme d'analyse harmonique ainsi que plusieurs systèmes experts tant pour le diagnostic d'appareillage que pour la conception de postes. Nous avons étudié de nouvelles technologies d'interconnexion telles que le raccord asynchrone en quadrature, et analysé le phénomène de pénétration du courant continu dans les réseaux à courant alternatif, particulièrement lors des orages géomagnétiques.

Plusieurs systèmes de mesure ont été mis au point cette année en ce qui a trait au courant de foudre, à l'évaluation des relais et des automatismes, au décentrage des manchons de câbles ainsi qu'au décalage angulaire. Nous avons analysé les performances de nouvelles traversées murales pour les postes HTCC, et effectué plusieurs expertises sur la qualité de l'assemblage des conducteurs par soudage.

Dans le domaine des lignes aériennes, nous avons poursuivi nos différents travaux sur les effets des champs électriques. À ce chapitre, soulignons en particulier la conception et la construction d'une chambre d'exposition. Nous avons entrepris un projet sur l'effet du verglas et de la neige sur l'isolation électrique des lignes, tandis que le projet sur les effets des incendies de forêt s'est poursuivi. Sur le plan mécanique, nous avons terminé notre étude sur la surtension des conducteurs, mis au point des modèles pour le calcul de l'autoamortissement des conducteurs et des systèmes conducteurs-entretoises-amortisseurs en régime de vibration éolienne. Les laboratoires Haute tension et Grande puissance ont réalisé d'importants essais, notamment dans les domaines des câbles souterrains, des traversées murales, des transformateurs de convertisseurs, des parafoudres de distribution, des fibres optiques, des isolateurs et du transport en commun. Soulignons enfin qu'Hydro-Québec et le constructeur ASEA Brown Boveri (ABB) ont créé un nouvel organisme de recherche-développement, le Centre d'innovation en transport d'énergie du Québec (CITEQ).



PRODUCTION

Soulignons d'abord que le robot compact servant à la réparation des dommages de cavitation a effectué avec succès ses premiers travaux à Hydro-Québec au cours de l'été. Nous avons également mis au point un modèle analytique des turbines hydrauliques (MATH) et poursuivi nos recherches sur la détection de la cavitation érosive par signature acoustique. D'autres systèmes de surveillance et de protection ont aussi fait l'objet d'importants travaux : réalisation du prototype final pour la mesure des vibrations des barres statoriques, mise au point d'un relais numérique de protection des alternateurs, évaluation du système RUPA (relais universel pour la protection des alternateurs), travaux sur l'acquisition et le stockage des données du système SUPER (surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs), lancement d'un projet pour la surveillance des systèmes collecteurs.

La compétence de nos spécialistes a par ailleurs été mise à profit pour l'étude des aciers et l'analyse des bris dans les conduites forcées, ainsi que pour l'étude des matériaux et des techniques de réparation du béton des centrales.

Dans le domaine de l'exploitation des réseaux de production, nous avons mis au point différents logiciels tant pour la planification annuelle que pour l'évaluation de la performance des parcs de production interconnectés. Nous avons aussi achevé la modélisation numérique d'une installation hydroélectrique.

En ce qui concerne l'approvisionnement énergétique des régions éloignées, nous avons poursuivi nos travaux visant à mettre au point un système de commande et de régulation destiné aux systèmes jumelés éoliennes-diesels à haute pénétration sans stockage. Nous avons aussi mené une étude sur l'utilisation des piles à combustible dans ces régions. Enfin, nous avons réalisé des analyses de l'eau des circuits de plusieurs centrales nucléaires canadiennes.

DISTRIBUTION

Un parafoudre de distribution très sécuritaire, qui répond aux normes les plus sévères au monde en matière de court-circuit interne, a été mis au point cette année. Quelque 500 exemplaires ont été fabriqués et seront installés sur le réseau d'Hydro-Québec aux fins d'homologation. Nous avons également travaillé à la mise au point de technologies de fabrication de circuits magnétiques de transformateurs en acier amorphe.

La qualité du service dans les réseaux de distribution a fait l'objet de diverses études portant sur la qualité de l'onde de tension et sur l'évaluation et l'interprétation des phénomènes qui perturbent le réseau. Nous avons aussi étudié les moyens d'augmenter la sécurité dans les réseaux souterrains de distribution en ce qui a trait aux arcs de défaut. Plusieurs modules ont par ailleurs été ajoutés au logiciel de planification de réseaux de distribution.

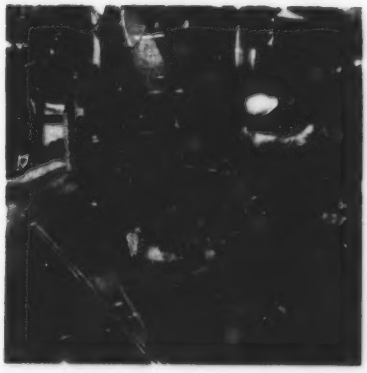
Nous avons poursuivi nos travaux sur l'analyse de la corrosion dans les chambres souterraines et sur les moyens d'y remédier, ainsi que sur les raccords aluminium-cuivre en milieu salin. Une étude a été entreprise sur les mécanismes de diffusion dans l'environnement du pentachlorophénol, un préservatif utilisé pour les poteaux de bois des réseaux de distribution.

Dans le domaine des câbles à isolation extrudée, nous avons poursuivi nos travaux sur les ruptures diélectriques, l'oxydation et les arborescences d'eau, et mis au point un modèle de vieillissement des câbles.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ

De nombreux travaux ont été réalisés en 1989 au Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE), dont le principal mandat consiste à mettre au point et à démontrer de nouveaux procédés industriels utilisant l'électricité comme source énergétique première. Soulignons en particulier la mise au point d'un tout nouveau système de chauffage à bi-énergie intégrée, la mise en place de prototypes de la pompe à chaleur à appoint non électrique (PACANE), le surfaçage de matériaux au moyen d'une torche à plasma de 150 kW, la fabrication d'éthylène glycol par électrosynthèse et l'électrocoagulation de la luzerne.

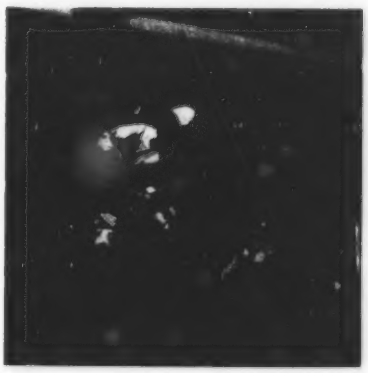
Le LTEE a aussi fait l'acquisition de plusieurs nouveaux appareils de séchage et de chauffage, lesquels lui permettront de répondre plus adéquatement encore à la demande des entreprises soucieuses de développer et d'utiliser de nouvelles électrotechnologies dans leurs procédés industriels.



MATÉRIAUX, TECHNIQUES D'ESSAIS ET APPAREILS DE MESURE

Nos travaux de mise au point d'une sonde de détection d'isolateurs perforés sur les lignes à haute tension ont mené cette année à la production d'un prototype commercial. En ce qui a trait au programme d'essais des câbles HTCC, nous avons mis au point un système de mesure de la température sous tension. Nous avons aussi travaillé à la conception d'un analyseur de courant de fuite à la surface des isolateurs, tandis que le séchage de traversées par micro-ondes a fait l'objet d'un projet de recherche-développement conjoint avec l'École Polytechnique de Montréal.

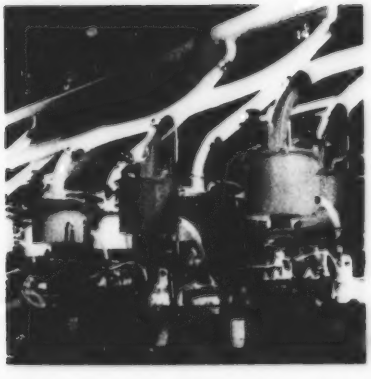
Nous nous sommes également intéressés à la mise au point de techniques de détection et de dosage du méthyl-mercure dans l'eau des réservoirs hydroélectriques. Nous avons mis au point des shunts pour les essais d'alternateurs en centrale ainsi qu'un système d'acquisition de données ultra-rapide. Enfin, nous avons poursuivi nos travaux d'expertise sur les huiles isolantes utilisées dans l'appareillage.



Projets de développement

En vertu d'une entente entre le gouvernement du Québec et la Commission des communautés européennes, Hydro-Québec a entrepris une étude de faisabilité portant sur la production, le transport intercontinental et l'utilisation d'hydrogène électrolytique produit au Québec. Dans le domaine des accumulateurs à électrolyte polymère (ACEP), nous continuons nos travaux d'optimisation des performances des piles ; les négociations se poursuivent en vue de former une coentreprise de recherche-développement et de commercialisation de cette technologie.

Nos spécialistes ont poursuivi par ailleurs la mise en place du système CED-Micro portant sur l'automatisation des fonctions de gestion de réseau dans les centres d'exploitation de distribution (CED) au moyen de micro-ordinateurs. La mise au point et l'implantation de systèmes experts se poursuivent activement. Enfin, nous avons mis au point un prototype de laboratoire pour le traitement de la fibrose kystique.



Filières à long terme

Les travaux en supraconductivité se sont poursuivis cette année, principalement en vue d'améliorer les procédés de fabrication des céramiques supraconductrices de façon à obtenir une densité de courant plus élevée. Dans le domaine de la fusion nucléaire, tandis que le tokamak était démonté pour permettre l'installation de nouvelles composantes internes, l'équipe de recherche a consacré ses travaux à l'analyse détaillée des résultats de la première campagne d'essais ainsi qu'à l'amélioration des performances des divers dispositifs de mesure dont elle est responsable. Deux chercheurs ont été délégués en Europe pour participer au projet ITER, un projet multinational de conception et de construction d'un réacteur à fusion.

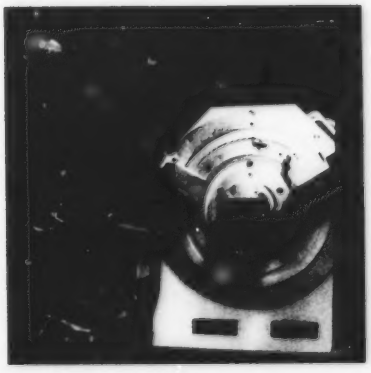
Par ailleurs, nous poursuivons nos travaux en télérobotique en vue notamment de mettre au point un système de contrôle adapté à un environnement de télérobotique. Enfin, nous avons terminé nos travaux sur la conversion catalytique du méthane.

Activités commerciales

En 1989, nous avons conclu plusieurs ententes commerciales tant pour la fabrication que pour la mise en marché de produits mis au point dans l'entreprise. Soulignons les ententes de commercialisation de logiciels avec Cyme International, une filiale d'Hydro-Québec, et la mise en marché du logiciel MECO, destiné à la commande d'ordinateurs centraux, par Strateck Technologies. Une entente de commercialisation d'un appareil de mesure et d'analyse des vibrations des conducteurs aériens a été signée avec la firme Roctest. Enfin, nous avons conclu des ententes avec Pyradia et Intek concernant des résistances à haute densité de puissance, et avec les Industries Lyster pour des systèmes d'entretoises-amortisseurs.

Planification de la technologie

Après avoir rendu public le *Plan de la technologie 1989-1991*, en mars dernier, nous nous sommes consacrés pour le reste de l'année au processus de consolidation du Plan, en fonction des priorités et des besoins en constante évolution de l'entreprise, ainsi qu'à la mise en place des mécanismes de suivi.



ORGANIGRAMME DU GROUPE TAI

GROUPE TECHNOLOGIE, AFFAIRES INTERNATIONALES ET IREQ

VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF
Maurice Huppé

VICE-PRÉSIDENCE RECHERCHE
Alain Brosseau

Services
Appareillage électrique
Guy Saint-Jean

Câbles et isolants
Jean-Pierre Crine (intérimaire)

Chimie des matériaux
Guy Bélanger

Électronique
René Blais

Lignes aériennes
Germain Harbec

Mécanique
Yvan Couture

Méthodes numériques
Gilles Desrochers

Technologie des matériaux
Raymond Roberge

Administration de projet
Fusion
Richard Bolton

VICE-PRÉSIDENCE LABORATOIRES
Louis Masson

Services
Études de réseaux
Jean-Claude Deslauriers

Laboratoire Grande puissance
Rhéaume Veilleux

Laboratoire Haute tension
Paul-Émile Vohl

Mesure et Informatique
François Bousquet

Services techniques
Michel Leclerc

VICE-PRÉSIDENCE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE ET COMMERCIALISATION
Toby Gilsig

Direction
Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE)
Louis-F. Monier

Service
Électrotechnologies industrielles
Antoine Duchesne

Chargé de Chimie et Électrochimie industrielles
Antoine Théorêt

Chargé de Plasmas industriels
Michel Drouet

Administration de projets de développement
André Malo (intérimaire)

Chefs de projets
Radu Manoliu
Gianfranco Pazzuello

Service
Bureau de commercialisation
Claude Dumas

DIRECTION PLANIFICATION DE LA TECHNOLOGIE
Hugues Saint-Onge

Chargé du plan de la technologie
José Salgado

DIRECTION ADMINISTRATION ET CONTRÔLE
Gilles Lacoste

Service
Ressources humaines, Approvisionnement et Information
Jean Lapointe

Division
Comptabilité et Contrôle
Guy Langevin

FILIALES

HYDRO-QUÉBEC INTERNATIONAL

PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL
Michel Therrien

VICE-PRÉSIDENCE DÉVELOPPEMENT DES AFFAIRES

Michel De Broux

DIRECTION PROJETS

René Leclerc

DIRECTION FINANCES ET ADMINISTRATION

Jean-Louis Bolduc

NOUVELER

PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL
Claude Bolduc

DIRECTION SERVICES JURIDIQUES

Anne Côté

DIRECTION FINANCES ET ADMINISTRATION

Josée Lacasse

PLANIFICATION DE LA TECHNOLOGIE

Après avoir rendu public le Plan de la technologie 1989-1991, *en mars dernier, nous nous sommes consacrés pour le reste de l'année au processus de consolidation du Plan, en fonction des priorités et des besoins en constante évolution de l'entreprise, ainsi qu'à la mise en place des mécanismes de suivi.*

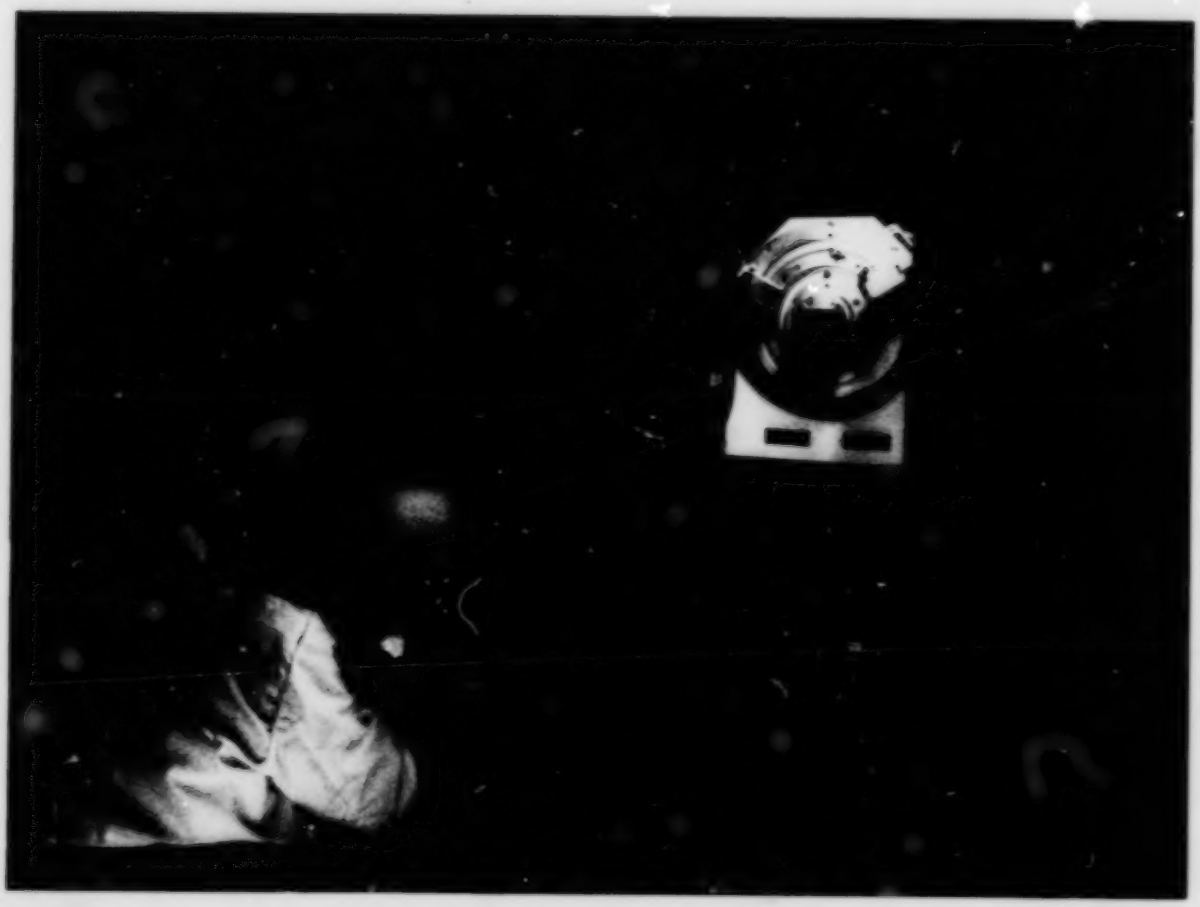
Définir les choix technologiques d'Hydro-Québec et préparer le devenir de l'entreprise en fonction de ceux-ci : voilà l'objectif essentiel des activités de planification technologique. Ces activités touchent tous les travaux de recherche, de développement, de démonstration et d'essais, ainsi que ceux reliés aux filières à long terme, au développement des produits et des installations et à la commercialisation des produits.

Mis en place il y a deux ans, le processus de planification couvre les domaines stratégiques suivants : la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'électricité. Il s'inspire étroitement de la philosophie de gestion de l'entreprise et comporte quatre objectifs précis :

- promouvoir une vision corporative de la technologie ;
- privilégier les besoins d'Hydro-Québec ;
- intégrer la planification de la technologie à l'ensemble des activités du cycle de gestion de l'entreprise ;
- privilégier la concertation à l'échelle de l'entreprise.

L'élément clé du processus de planification de la technologie est le Forum de concertation de la technologie, créé en 1988, qui regroupe quelque 150 personnes — cadres, experts, chercheurs, ingénieurs et spécialistes — représentant les divers secteurs d'activités d'Hydro-Québec.

Le Forum de concertation permet aux diverses unités de l'entreprise, qu'elles soient bénéficiaires ou fournisseurs de services technologiques, de participer sur une base continue à l'élaboration du *Plan de la technologie*. Il accueille également des représentants d'unités à mission corporative, telle la vice-présidence Planification générale, qui apportent un éclairage essentiel aux sujets qu'on y traite. C'est ainsi qu'à la suite des travaux du Forum, Hydro-Québec rendait public en mars 1989 son premier plan de la technologie intégré couvrant les années 1989 à 1991.



Le *Plan de la technologie 1989-1991* ne se contente pas de prévoir les seules activités du groupe TAI ; il s'attache également à établir un plan global des activités de nature technologique d'Hydro-Québec.

En vue de faciliter la planification de l'ensemble de ces activités et la préparation des enveloppes budgétaires correspondantes, la banque de projets de recherche-développement de notre direction a été entièrement restructurée.

Les activités en matière de planification de la technologie ont visé en 1989, d'une part, à consolider le plan triennal en fonction des priorités et des besoins en constante évolution d'Hydro-Québec et, d'autre part, à affermir l'orientation client-fournisseur. À cet égard, l'application de la *Méthode d'octroi des travaux* témoigne de l'engagement de l'entreprise dans cette voie nouvelle. Cette méthode définit les modalités d'octroi et d'exécution des travaux de recherche-développement confiés au groupe TAI par les clients internes. Elle vise en outre à mettre en valeur les produits issus de ces travaux et à en maximiser les bénéfices et les retombées.

Un technicien procède à l'analyse des phases cristallines d'un échantillon à l'aide du diffractomètre à rayons X.

Dans cette optique, les processus de planification technologique et de préparation des budgets ont été synchronisés. Un nouveau programme d'activités a ainsi été établi pour 1990 et a servi tant à la préparation des enveloppes budgétaires corporatives qu'à l'établissement des budgets de chacune des unités administratives concernées.

Ces diverses mesures ont permis de décentraliser les budgets de RDDE dans les unités clientes. Ainsi, 54,7 % du budget alloué à la technologie a été décentralisé en 1989, et l'on prévoit d'ores et déjà que 76,8 % des enveloppes budgétaires reviendront aux clients en 1990. Notons également que les crédits alloués à la qualité du service, à l'efficacité énergétique et à l'adaptation à la demande passeront de 58,3 % en 1989 à 70,4 % en 1990, selon les prévisions. L'ampleur des travaux prévus en 1990 est telle qu'on a ajouté à l'enveloppe budgétaire réservée à l'exploitation un montant de 10 millions de dollars.

Au cours de l'année, nous avons par ailleurs amorcé la conception d'un mécanisme de suivi du Plan, qui sera mis en œuvre en 1990. Ce mécanisme permettra de vérifier l'efficacité des diverses stratégies du Plan en fonction des objectifs retenus, et de proposer s'il y a lieu des mesures correctives.

Parallèlement, nous avons amorcé une réflexion en vue d'établir des indicateurs qui permettraient de quantifier les besoins en recherche-développement, puis les retombées des travaux. En recourant à des indicateurs précis, il sera possible à la fois de mieux cerner l'impact anticipé et réel des activités du Plan, et de déterminer les priorités et la pertinence des décisions au chapitre de l'affectation des fonds et ce, dès l'étape de la planification.

En collaboration avec d'autres organismes tels le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) et Ontario Hydro, nous avons aussi mis en place la structure préliminaire d'un réseau de prospective technologique visant à inventorier les réalisations d'Hydro-Québec et des centres de recherche du Canada et d'autres pays en matière de technologie. La prospective technologique est une composante essentielle de la planification, puisque les technologies nouvelles ou émergentes peuvent non seulement influer sur la qualité et le coût des solutions recherchées, mais aussi modifier la nature même des besoins à la source des recherches.

Nous nous sommes en outre engagés dans plusieurs dossiers d'envergure — tels les projets de développement et les filières à long terme — en vue de définir notre position et d'élaborer une stratégie corporative. Notre contribution s'est révélée particulièrement fructueuse dans des domaines tels que la robotique et la supraconductivité.

Enfin, nous avons comme par le passé resserré nos liens avec divers organismes externes en participant aux travaux de coordination de nombreux dossiers. Parmi les organismes avec lesquels nous avons collaboré, citons notamment la Commission parlementaire du travail et de l'économie du Québec, le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, plusieurs universités québécoises et, à l'extérieur de la province, Ontario Hydro, Manitoba Hydro et le Manitoba HVDC Research Centre.

PRODUCTION

Les travaux dans le domaine de la production ont été à la fois variés et nombreux cette année. En ce qui a trait aux turbines hydrauliques, soulignons d'abord la réparation robotisée des dommages de cavitation, la mise au point d'un modèle analytique des turbines et la poursuite de nos recherches sur la détection de la cavitation érosive par signature acoustique. Plusieurs systèmes de surveillance et de protection ont aussi fait l'objet de travaux : mesure des vibrations des barres statoriques, relais numérique de protection des alternateurs, surveillance des groupes turbines-alternateurs et des systèmes collecteurs.

Dans le domaine de l'exploitation des réseaux de production, nous avons mis au point différents logiciels tant pour la planification annuelle que pour l'évaluation de la performance des parcs de production interconnectés. Nous avons achevé la modélisation numérique d'une installation hydroélectrique.

En ce qui concerne l'approvisionnement énergétique des régions éloignées, nous avons poursuivi nos travaux sur les systèmes jumelés éoliennes-diesels et mené une étude sur l'utilisation des piles à combustible. Enfin, nous avons réalisé des analyses de l'eau des circuits de plusieurs centrales nucléaires canadiennes.

ROBOTISATION DE L'ENTRETIEN SUR PLACE DES ROUES DE TURBINE HYDRAULIQUE

La deuxième phase du projet de robotisation relatif à l'entretien sur place des roues de turbine hydraulique endommagées par la cavitation a pris fin cette année avec l'essai sur une roue Kaplan, à la centrale de Carillon, du prototype de robot compact. Mené en collaboration avec Ontario Hydro, cet essai a démontré qu'à l'aide du robot, un opérateur pouvait rétablir le profil de l'aube tout en restant à distance sécuritaire pendant les opérations de gougeage, de soudage et de meulage. La qualité du profil final dépend en partie de l'habileté de l'opérateur à programmer les diverses tâches à accomplir. Son travail est toutefois grandement facilité par une interface homme-machine très conviviale, de même que par la technique de programmation par contour mise au point dans nos laboratoires.

Hydrobot, le robot compact servant à la réparation sur place des aubes de turbines, effectue des opérations de gougeage dans une turbine Kaplan à la centrale de Carillon.

Le robot compact peut effectuer des travaux de réparation dans les roues des grandes turbines hydrauliques d'Hydro-Québec, qui comptent pour environ 20 % du parc de production. Pour les turbines plus petites, il faudra concevoir un manipulateur de dimensions encore plus réduites et résoudre le problème de la planification automatique des tâches. Dans les petites roues, en effet, la zone de travail, déjà très encombrée par la présence du robot, est particulièrement difficile d'accès. L'utilisation d'un robot autoprogrammable diminuera considérablement le temps consacré à la planification des tâches, tout en soulageant l'opérateur d'un travail pénible.

À la demande de la vice-présidence Production, Transport et Distribution, nous avons donc amorcé les études techniques préliminaires en vue de fabriquer un prototype de robot super-compact, autoprogrammable et capable de réparer les petites roues de turbine.

Technologie des matériaux

Simulation de la production en vue de la planification annuelle

Un logiciel de simulation a été mis au point en 1989 en vue d'améliorer le processus de planification annuelle de la production du réseau d'Hydro-Québec. Cette planification se fait principalement à l'aide d'un modèle déterministe d'optimisation, soit le modèle NUMA, version 3. Celui-ci est exécuté périodiquement en utilisant le scénario d'apports naturels le plus probable pour l'année à venir.

Le nouveau logiciel permet de simuler l'exploitation du réseau selon des principes similaires à ceux d'un modèle stochastique, les apports n'étant pris en considération qu'une semaine à l'avance. Plus précisément, l'approche employée dans ce logiciel de simulation a pour but de résoudre divers sous-problèmes successifs d'optimisation, chacun portant sur une seule semaine et comportant une fonction de valorisation de l'état hydraulique final du réseau. Ces fonctions de récompense sont élaborées à partir d'informations tirées de la dernière exécution du modèle déterministe annuel et du modèle stochastique agrégé multiannuel.

Cet outil permet d'obtenir des plans de production détaillés pour un grand nombre de scénarios d'apports de même probabilité, puis d'évaluer les probabilités d'occurrence de divers phénomènes (déversements, délestages, etc.). Les décisions issues du modèle déterministe peuvent ainsi être ajustées, au besoin, en fonction des résultats obtenus.

Soulignons par ailleurs que le nouveau logiciel de simulation jette les bases d'un futur modèle stochastique de planification annuelle avec représentation non agrégée du réseau.

Méthodes numériques

Modélisation et simulation numérique des installations hydroélectriques

En vue d'optimiser la précision du réglage des groupes turbines-alternateurs, qui est d'une importance capitale pour le bon fonctionnement du réseau, nous travaillons présentement à la mise au point d'un modèle numérique d'installation hydroélectrique. Pour atteindre le but recherché, il nous faut d'abord approfondir nos connaissances sur les phénomènes liés à l'écoulement de l'eau dans les conduites et les turbines, puisque ceux-ci déterminent le comportement dynamique de l'ensemble de l'installation.

La résolution de ce problème exige également que l'on tienne compte des interactions possibles entre le comportement dynamique des groupes d'une installation hydroélectrique et le lien à courant continu auquel celle-ci est rattachée. Le modèle de l'installation doit donc comporter la représentation des éléments suivants :

- l'élasticité des conduites, les pertes par frottements sur les parois de celles-ci et la compressibilité de l'eau ;
- les pertes de la turbine en diverses conditions d'exploitation ;
- l'alternateur synchrone, ses circuits amortisseurs et la saturation de ses circuits magnétiques ;
- les régulateurs de vitesse et de tension du groupe ;
- le lien à courant continu et ses régulateurs.

La turbine est représentée par un modèle algébrique, ce qui permet d'étudier comment les variations des paramètres de celle-ci influent sur le comportement de l'installation. Autre avantage, la plupart des paramètres de ce modèle sont déterminés à partir de données géométriques tirées des plans de l'installation. Le modèle de turbine a été validé d'après les données de la centrale La Grande 2 : les caractéristiques issues du modèle correspondent

à celles qui ont été obtenues expérimentalement, avec la précision souhaitée.

Par ailleurs, en plus de servir à l'étude des interactions, la modélisation retenue pour simuler la partie hydraulique de l'installation pourra servir à étudier le comportement d'une installation munie de longues conduites forcées ; dans ces cas, les phénomènes d'élasticité des conduites et de compressibilité de l'eau prennent une importance accrue. Ce type de configuration est envisagé, par exemple, à la centrale de Brisay.

Ce projet est réalisé à la demande de la vice-présidence Production, Transport et Distribution.

Méthodes numériques

ÉVALUATION DE LA FIABILITÉ DES PARCS DE PRODUCTION INTERCONNECTÉS

Un nouveau logiciel a été mis au point afin de déterminer la fiabilité en termes de puissance d'un parc de production faisant partie d'un ensemble de réseaux interconnectés. Il s'agit du logiciel NEXION, qui utilise la méthode probabiliste. Basée sur la représentation des parcs de production et des liens d'interconnexion, la méthode de calcul vise principalement à évaluer la probabilité de pertes de charge ; elle peut également fournir, entre autres résultats, le gain de réserve.

Dans le cadre de l'élaboration du Plan des installations, la vice-présidence Planification du réseau utilisera entre autres le logiciel NEXION pour établir le partage des réserves avec les autres réseaux interconnectés à Hydro-Québec en se basant sur un critère de fiabilité. En chiffrant de la sorte l'apport potentiel des autres réseaux, il sera possible de réduire d'autant le nombre des équipements de production qui seraient autrement prévus au Plan des installations.

Notons en terminant que le service Plan des installations a eu recours à ce logiciel dans le cadre du Projet d'interconnexion des pays de la péninsule arabique réalisé par Hydro-Québec International.

Méthodes numériques

ANALYSE DE L'EAU DES CIRCUITS DES CENTRALES NUCLÉAIRES CANADIENNES

Au cours des dernières années, le service Chimie des matériaux a mis au point, de concert avec le service Câbles et Isolants, une série de techniques de pointe pour la détermination des composés issus de la décomposition de la morpholine. Ce produit est un agent de prévention de la corrosion utilisé dans les cycles eau-vapeur des centrales CANDU PHW et PWR.

Ces techniques ont été mises à l'épreuve au printemps 1989 lors d'études analytiques commandées par les centrales de Gentilly 2 (Hydro-Québec) et de Pointe-Lepreau (Commission électrique du Nouveau-Brunswick). Le conditionnement chimique de l'eau

Analyse d'échantillons d'eau du cycle thermique de centrales nucléaires par chromatographie ionique à haute performance.

de ces centrales diffère en plusieurs points, de même que certaines composantes de leur cycle thermique. L'analyse de la morpholine et de ses produits de décomposition a donc permis d'approfondir notre connaissance de la chimie de ces systèmes.

Nous avons par ailleurs réalisé en fin d'année diverses analyses à la centrale Bruce B d'Ontario Hydro. Accomplies en deux temps, celles-ci visaient, d'une part, à établir les conditions chimiques d'un système n'ayant jamais été exploité à la morpholine et, d'autre part, à déterminer les modifications produites par l'injection de ce produit.

Les données recueillies au cours de ces études serviront à brosser un tableau comparatif de la chimie du cycle eau-vapeur des différentes centrales canadiennes ; ce travail sera réalisé en 1990 dans le cadre d'un contrat que le CANDU Owners Group nous a accordé.

Chimie des matériaux

EXAMEN DES CONDUITES FORCÉES DE LA CENTRALE DE BERSIMIS 2

L'examen des installations ayant subi une défaillance permet à la fois d'en déterminer les causes et d'approfondir nos connaissances sur des phénomènes tels que la fatigue et la résistance des matériaux. Il est ainsi possible de raffiner les méthodes de conception et de construction, et de prévenir des défaillances similaires.

À la demande de la région Manicouagan, nous avons été amenés en 1989 à étudier le cas de la centrale de Bersimis 2, où une échancrure de plus d'un mètre dans la conduite d'amenée d'un groupe, en amont du robinet sphérique, a causé un arrêt total de la production. La bride amont du robinet a été complètement détruite tandis que la bride aval et plusieurs boulons d'accouplement étaient sérieusement endommagés. Nous avons établi que la rupture avait pris naissance sur une goupille d'insertion, dans la bride du robinet. La fissure principale s'était très lentement propagée par fatigue au cours des ans, pour atteindre un stade critique au moment de l'incident.

Étant donné qu'une importante fissure axisymétrique s'est également développée à la base d'un cordon de soudure de la conduite du groupe en question, et que des goupilles semblables sont installées actuellement sur d'autres groupes de la centrale, nous avons recommandé l'utilisation de diagrammes de stabilité des défauts après la remise en service de Bersimis 2. La fonction de ces diagrammes est de prévoir la progression des défauts, ce qui permet d'effectuer les réfections nécessaires en dehors des périodes de pointe et d'assurer la sécurité des employés de la centrale.

En vue de mettre en œuvre cette procédure, nous avons dû au préalable analyser la distribution des contraintes aux abords du robinet par éléments finis, et déterminer avec exactitude les propriétés en fatigue et la résistance à la rupture de l'acier utilisé, soit l'acier 516.

Technologie des matériaux

SYSTÈME DE PROTECTION NUMÉRIQUE DES ALTERNATEURS

Au cours de l'année 1989, nous avons terminé la conception d'un nouveau relais numérique de protection des alternateurs nommé DIGLO. Ce relais comporte deux fonctions de protection : la première touche le différentiel global du tandem alternateur-transformateur, et la seconde le champ magnétique à la sortie de l'alternateur. Il s'agit dans les deux cas de systèmes de protection triphasés, chacune des phases faisant l'objet de mesures distinctes. Un prototype de laboratoire sera installé prochainement à la centrale de Carillon.

Le nouveau relais vient s'ajouter au relais RUPA, mis au point en 1988, et qui comporte sept fonctions de protection. L'un comme l'autre offrent les avantages suivants : réduction du coût des équipements, encombrement réduit, grande souplesse et conception modulaire permettant d'adapter la technique à la protection des postes. La combinaison des deux relais forme le système de protection numérique des alternateurs le plus complet qui soit.

Par ailleurs, nous avons poursuivi l'évaluation du relais RUPA, installé depuis environ un an à la centrale de Carillon. Deux problèmes sont survenus, chacun en une occasion : une perte de consignes et des déclenchements intempestifs de la protection différentielle de stator. Les solutions ont consisté dans le premier cas à vérifier de façon continue la validité des consignes, et dans le second à superviser les entrées de courant afin de détecter toute défaillance des circuits d'entrée.

Électronique

MESURE DES VIBRATIONS DES BARRES STATORIQUES

Le projet visant à concevoir un appareil de mesure des vibrations des barres statoriques en est présentement à sa phase finale : le prototype est opérationnel et sera bientôt livré à la vice-présidence Production, Transport et Distribution. L'appareil mesure le niveau des vibrations d'une barre dans une plage de 2 à 200 μm eff. Les signaux de vibrations peuvent également être reproduits sous la forme d'un signal analogique calibré (10 mV/μm) qui permet des analyses plus poussées, par exemple à l'aide d'un analyseur de fréquences. Des sondes de mesure expérimentales sont déjà installées en permanence dans six alternateurs de la région Manicouagan.

En plus d'offrir de bonnes performances techniques, l'appareil est d'une grande simplicité de branchement et de fonctionnement, et son encombrement minimal le rend facile à transporter. Le personnel d'entretien pourra ainsi l'utiliser d'un site à l'autre afin d'obtenir les relevés de données sur les alternateurs équipés de capteurs expérimentaux de mesure des vibrations. L'analyse subséquente des résultats permettra de juger de l'efficacité de cette méthode de surveillance de la qualité du système de calage des barres.

Électronique

SURVEILLANCE DE L'USURE DES SYSTÈMES COLLECTEURS

À la demande de la vice-présidence Production, Transport et Distribution, nous avons lancé au cours de l'année un projet visant à mettre au point une méthode de surveillance des systèmes collecteurs des alternateurs, particulièrement en ce qui a trait à l'usure des balais de carbone ainsi qu'à la surchauffe des anneaux collecteurs ou des segments des commutateurs. Divers facteurs peuvent entraîner une usure prématurée des balais de carbone : mauvais réglage, défauts de pression, mauvaise ventilation, défaut de fabrication, etc. Cette usure entraîne à son tour une surchauffe des anneaux collecteurs qui peut causer des bris d'équipements. La méthode de surveillance envisagée permettra de limiter ces bris de même que les inspections périodiques, qui exigent un arrêt de production d'au moins 24 heures.

Diverses approches ont été envisagées et ont fait l'objet d'essais préliminaires en laboratoire. L'une d'elles consiste à mesurer le bruit électromagnétique que produisent les balais de carbone usés ; cette mesure peut se faire soit par contact direct, soit au moyen d'une antenne. La seconde technique consiste à mesurer la température des anneaux collecteurs afin de déceler toute surchauffe due à l'usure des balais ; encore là, deux méthodes de détection sont envisagées : soit par contact direct, soit par télémesure à infrarouge.

Des essais seront réalisés sur des groupes en production au cours de l'année prochaine. Ces essais permettront notamment de déterminer s'il est possible d'évaluer l'usure des balais de carbone en mesurant un seul des deux paramètres (température ou bruit électromagnétique), tout en déterminant les meilleures méthodes de mesure ainsi que le degré de précision nécessaire. Un prototype d'appareil de détection sera par la suite mis au point et pourra éventuellement être intégré au système SUPER, un système global de surveillance des alternateurs.

Électronique

TRAVAUX SUR LES TURBINES HYDRAULIQUES

Nous avons lancé cette année un projet à long terme en vue d'élaborer des modèles d'analyse de turbines hydrauliques. Plus précisément, le projet MATH vise à mettre au point divers outils informatisés de calcul et de simulation qui serviront à valider la conception des turbines hydrauliques et à étudier les problèmes qui leur sont associés. Parmi nos divers travaux, mentionnons un modèle d'écoulement non visqueux quasi 3-D pour les roues de turbines. D'autres activités ont également été entreprises de concert avec l'École polytechnique de Montréal et la firme Générale Électrique Canada.

Par ailleurs, nous travaillons depuis trois ans déjà à la mise au point d'un système informatisé de surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs, le système SUPER. Tirant profit des données produites par le prototype de Rapide Blanc, nos efforts ont surtout porté en 1989 sur l'acquisition et l'emmagasinage des données. En 1990, nous entreprendrons la conception de la fonction diagnostic de SUPER. Grâce à celle-ci, le système pourra non seulement déceler les anomalies, mais également en indiquer les causes aux responsables de la centrale, ainsi que les moyens d'y remédier.

Toujours au chapitre de la surveillance, nous avons poursuivi nos travaux sur la détection vibratoire de la cavitation érosive par signature acoustique. Des essais en laboratoire et en centrale ont été réalisés.

En ce qui concerne la surveillance et l'entretien des barrages, nous avons collaboré avec la région Manicouagan à la mise au point d'une installation d'essai en vue d'élaborer des techniques de réparation de fissures dans le béton par injection. Avant de commencer les études d'injection proprement dites, il a d'abord fallu reproduire dans les échantillons de béton des fissures aussi naturelles que possible.

Mécanique

ÉTUDE COMPARATIVE DES MATÉRIAUX DE RÉPARATION DU BÉTON ÉRODÉ

Une étude a été réalisée pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité (ACE) en vue de comparer les performances de différents matériaux servant au revêtement ou à la réparation de structures hydrauliques en béton endommagées par l'érosion.

Le phénomène de l'érosion, dû notamment aux conditions climatiques et aux pluies acides, entraîne des problèmes grandissants dans les installations d'Hydro-Québec, dont certaines remontent à plus de 60 ans. On consacre des sommes importantes à la réparation de ces structures, utilisant pour cela l'un ou l'autre des multiples matériaux de revêtement et de réparation disponibles sur le marché. Or on disposait jusqu'à maintenant de très peu d'information sur la performance de ces matériaux.

Les matériaux étudiés étaient des coulis de ciment, des mortiers à base de ciment modifiés par adjonction de polymères, et des mortiers à l'époxyde. Deux propriétés ont d'abord été mesurées aux fins de présélection : la qualité d'adhérence et la résistance à l'érosion. Les matériaux retenus ont été soumis à divers essais mécaniques visant à évaluer la compatibilité thermique avec le béton, le coefficient de dilatation thermique, l'élasticité, la perméabilité à l'azote, la tenue aux intempéries et au vieillissement, etc.

Sur les 35 matériaux soumis aux essais en laboratoire, 18 ont été éliminés lors de la présélection. Parmi les 17 autres, les mortiers à l'époxyde ont obtenu les meilleurs résultats, suivis des coulis de ciment et des mortiers de polymères contenant du caoutchouc styrène-butadiène (SBR). Les mortiers de polymères contenant des matières acryliques et des copolymères ont obtenu des résultats nettement moins satisfaisants. Cette classification n'est cependant pas absolue : la performance des matériaux dépend en effet des conditions atmosphériques ainsi que de la nature et de l'état de détérioration du béton.

Nous comptons maintenant proposer à l'ACE un second projet de recherche qui consisterait à tester ces matériaux sur le terrain, en collaboration avec les responsables de l'exploitation d'Hydro-Québec. Éventuellement, ces travaux pourraient mener à la conception d'un nouveau matériau de réparation qui conviendrait mieux aux besoins de l'entreprise.

Technologie des matériaux

JUMELAGE ÉOLIENNES-DIESELS

Diverses études portant sur les réseaux non reliés de l'Ungava ont démontré que des éoliennes jumelées à des groupes diesels peuvent contribuer à réduire les déficits d'exploitation. Le scénario le plus rentable serait le jumelage éolienne-diesel à haute pénétration sans stockage. Selon ce scénario, la capacité éolienne installée pourrait égaler ou même dépasser la demande de pointe du réseau ; lorsque les vents seraient assez forts, les groupes diesels seraient arrêtés et les éoliennes fourniraient toute la demande du réseau.

Les travaux de recherche sur le jumelage éolienne-diesel visent à mettre au point un système de commande et de régulation qui permette d'atteindre un haut taux de pénétration (rapport de la puissance éolienne à la charge). À cet effet, une démonstration expérimentale a été faite en 1989 à l'aide de l'éolienne de l'IREQ. En utilisant une charge de lissage asservie à un régulateur de fréquence, on a pu démontrer que le réseau demeurait stable en présence de fortes perturbations de la demande (0,2 p.u.). Par ailleurs, nous avons poursuivi la modélisation des systèmes de commande servant à la gestion d'une centrale éolienne-diesel.

Le projet de Kuujjuaq, qui vise à démontrer la fiabilité d'une éolienne dans le Grand Nord québécois, s'est également poursuivi en 1989. D'une capacité nominale de 65 kW, l'éolienne a maintenant dépassé les 10 000 heures d'exploitation.

Enfin, nous avons perfectionné les modèles informatiques de calcul fluide-structure. Ceux-ci ont servi notamment à calculer les contraintes instationnaires sur l'éolienne expérimentale de 34 m des Laboratoires Sandia aux États-Unis.

Mécanique

PROBLÉMATIQUE DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LES RÉSEAUX NON RELIÉS

Nous avons terminé en 1989 une étude sur la problématique des réseaux non reliés en vue d'évaluer les possibilités d'utilisation des piles à combustible. Dans un premier temps, nous avons dressé un inventaire des sites isolés au Canada et compilé diverses données telles que les puissances installées, l'électricité produite et les quantités de combustible requises. Les sites de Blanc-Sablon et de Povungnituk, au Québec, ont fait l'objet d'une évaluation plus poussée grâce aux données fournies par la région Montmorency.

Nous avons par ailleurs passé en revue les technologies de conversion des combustibles fossiles en hydrogène pour l'alimentation des piles à combustible. Il en ressort que la technologie de reformage du diesel en hydrogène n'est pas encore suffisamment au point pour cette application. En outre, aucune pile à combustible de taille adéquate pour la plupart des régions éloignées du Canada (soit moins de 1 MW) n'est disponible à l'heure actuelle.

Compte tenu de ces résultats, nous avons proposé à l'Association canadienne de l'électricité (ACE) un programme de recherche axé sur la mise au point de catalyseurs pour le reformage du diesel. Nous avons également recommandé d'effectuer un suivi de la technologie des piles. Le rapport d'étude a été déposé auprès de l'ACE.

Chimie des matériaux

Le programme d'essais de câbles souterrains à haute tension à courant continu s'est poursuivi toute l'année. Nous avons réalisé une étude sur les fibres optiques intégrées au câble de garde des lignes de transport et effectué des recherches sur le comportement mécanique de l'équipement de poste. En ce qui a trait aux travaux de simulation, nous avons mené diverses études sur l'implantation de la compensation série.

Nous avons mis au point des systèmes de mesure du courant de foudre et d'évaluation des relais et des automatismes, analysé les performances de nouvelles traversées murales pour les postes HTCC et mis au point des méthodes de mesure du décentrage des manchons de câbles.

Dans le domaine des lignes aériennes, nous avons poursuivi nos différents travaux sur les effets des champs électriques. À ce chapitre, soulignons en particulier la conception et la construction d'une chambre d'exposition. Les laboratoires Haute tension et Grande puissance, pour leur part, ont réalisé d'importants essais.

Enfin, la production industrielle du disjoncteur grand froid a débuté cette année et un nouvel organisme de recherche-développement, le Centre d'innovation en transport d'énergie du Québec (CITEQ), a été créé.

ESSAIS DES PROTOTYPES DE CÂBLES À ± 500 KV DE LA TRAVERSÉE SOUS-FLUVIALE

Tout au long de l'année, les essais se sont poursuivis sur les prototypes de câbles à ± 500 kV c.c. destinés à la traversée sous-fluviale de la ligne reliant la Baie James à la Nouvelle-Angleterre. Ces prototypes proviennent de trois câbliers : Hitachi (Japon), Pirelli (Italie) et STK (Norvège).

Placé sous la responsabilité générale du service Câbles et Isolants, le programme d'essais a également fait appel aux spécialistes de plusieurs autres services : Lignes aériennes, Mesure et Informatique, Laboratoire Haute tension et Laboratoire Grande puissance. Le programme comprend deux volets : des essais de conformité, réalisés dans les aires d'essais du laboratoire Haute tension, et des essais de vieillissement en caniveau, menés à la nouvelle aire extérieure d'essais de câbles (voir l'article en p. 61). Ce projet est réalisé pour le compte de la vice-présidence Équipements de transport.
Les essais menés au laboratoire Haute tension avaient principalement pour objet de vérifier la conformité aux normes des prototypes de câbles et des accessoires fournis par les différents cons-

Au cours de l'année, une série d'essais ont été réalisés au laboratoire Haute tension sur les prototypes de câbles souterrains à ± 500 kV c.c. dans le cadre du projet de traversée sous-fluviale de la ligne Baie James – Nouvelle-Angleterre.

tructeurs. Le protocole d'essais comporte une série d'essais conformes aux recommandations de la Conférence internationale des grands réseaux électriques (CIGRÉ) pour les câbles à courant continu, ainsi que des essais de pollution et des essais spéciaux. Ces derniers ont pour objet de valider la conception des câbles en les soumettant à des perturbations uniques à la traversée et jamais encore appliquées à un câble. Mentionnons en particulier des essais de chocs de foudre avec surimposition d'oscillations de 10 kHz, et des essais de courant alternatif à 60 et 120 Hz superposé au courant continu. Les essais de pollution sont destinés à vérifier le comportement des extrémités de câble sous pluie forte et brouillard propre, avec contamination uniforme et non uniforme des porcelaines.

Le prototype du câble Hitachi a subi au cours de l'année tous les essais de type, les essais spéciaux et les essais sous pollution. Les mêmes essais ont débuté avec les deux autres prototypes, et ils seront complétés au cours des premiers mois de 1990.
Les essais extérieurs, qui constituent le deuxième volet du programme, ont commencé à l'automne et s'échelonneront sur une période de onze mois. Au cours des neuf premiers mois, les câbles seront soumis à un vieillissement accéléré équivalant à une durée d'environ 30 ans de service, par cyclage de la température et de la tension avec inversion de la polarité. Par la suite, on procédera de nouveau à la plupart des essais de type et des essais spéciaux réalisés en début de projet au laboratoire Haute tension afin de vérifier les caractéristiques des câbles vieillis. À la toute fin de l'expérience, les câbles seront soumis à des chocs de foudre jusqu'à ce que l'isolation soit perforée.

Chaque câble prototype à ± 500 kV, d'une longueur d'environ 130 m, a été installé dans un caniveau en béton armé de l'aire d'essais extérieure. Après la pose de chaque câble, de nombreux thermocouples ont été placés à des endroits stratégiques, tant à la surface qu'à l'intérieur du conducteur, et les caniveaux ont été remplis de béton maigre. L'installation est destinée à simuler le plus fidèlement possible l'environnement thermique et mécanique de l'installation réelle en tunnel.

Des essais ont par ailleurs été effectués au laboratoire Grande puissance afin d'évaluer la résistance mécanique des caniveaux et les risques d'incendie. Ils ont abouti à la conception d'un modèle de caniveau mécaniquement adéquat qui, en plus d'immobiliser parfaitement le câble, assure la sécurité du personnel d'entretien.

Toujours dans le domaine des câbles à très haute tension, nos spécialistes participent à l'évaluation des soumissions déposées par les câbliers en vue de l'essai à l'IREQ de prototypes de câbles à 800 kV c.a. destinés aux futures traversées sous-fluviales envisagées par Hydro-Québec. Trois technologies sont à l'étude : les câbles à l'huile isolés au papier de cellulose, au papier synthétique, et les barres rigides isolées au gaz SF_6.

Câbles et Isolants
Laboratoire Haute tension

NOUVELLE VERSION DU PROGRAMME D'ANALYSE HARMONIQUE

Une nouvelle version du programme numérique d'analyse harmonique (AH) a été mise au point en 1989. Cette version A du programme AH constitue l'étape intermédiaire d'un projet de développement majeur réalisé pour le compte de la vice-présidence Planification des équipements.

Le programme AH est conçu pour calculer les impédances harmoniques d'un réseau de transport électrique, à partir d'un balayage en fréquence de la représentation mathématique du réseau en régime permanent. En plus de ses fonctions de calcul des impédances, le programme permet de réaliser un écoulement de puissance et une analyse de sensibilité de tension aux fréquences d'injection des sources harmoniques. Le calcul des facteurs de perturbation électromagnétique et de distorsion est également disponible.

La version A est le résultat d'un effort de restructuration complet et planifié. Tous les modèles de réseau monophasés et multiphasés sont compatibles avec la modélisation en régime permanent du programme EMTP *(Electromagnetic Transients Program)*. Le traitement uniformisé des modèles permet d'appliquer les options de calcul disponibles à tous les modèles, sans distinction. Plusieurs d'entre eux peuvent maintenant être configurés directement par l'utilisateur. Un compilateur de données indique les erreurs de l'utilisateur, remplace les paramètres manquants par des valeurs par défaut et valide la topologie du réseau soumis. La structure de l'ensemble du programme EMTP est uniforme et simple à utiliser.

Méthodes numériques

SYSTÈME EXPERT DE DIAGNOSTIC D'APPAREILLAGE (SEDA)

Le principal objectif du projet SEDA, réalisé pour le compte de la vice-présidence Production, Transport et Distribution, est de mettre au point une famille de systèmes experts destinés à l'entretien et au dépannage des équipements électriques d'une installation. Le système SEDA repose sur une architecture et un concept généraux qui peuvent s'adapter à tous les types d'équipements. Il est ainsi possible de mettre au point, étape par étape, chacune de ses composantes : le système expert SEDA-PX, propre à l'appareil X ; le SEDA-G, un système d'interface donnant accès aux bases de données locales et à celles de l'entreprise ; et les interfaces personne-machine destinées au personnel d'entretien des installations.

Dans le cadre de ce projet, le prototype SEDA-TRANSFO (système expert pour les transformateurs de puissance) a été achevé en août 1989. Il comprend un module d'analyse qui émet un diagnostic sur l'état de l'appareil et une recommandation touchant son exploitation. Ce diagnostic global est basé sur les diagnostics des autres modules du système (analyse par gaz dissous, inspection physique, etc.).

Grâce à la conception modulaire du système SEDA-TRANSFO, ses différents modules (à l'exception, bien entendu, du module d'analyse) peuvent être utilisés séparément. Ainsi le module « gaz dissous » — qui combine NEXPERT OBJECT et une interface adaptée aux résultats d'analyse par gaz dissous fournis par le laboratoire — est actuellement disponible à titre de système autonome.

La conception de l'interface avec les bases de données de l'entreprise présente un défi considérable. Le système SEDA-G, qui a pour fonction de sélectionner et de mettre à jour les données requises pour le traitement des différents SEDA-PX, offre une solution possible au problème de l'intégration et du filtrage des données. Divers essais ont été effectués avec succès en vue de vérifier la faisabilité du concept de concentration. Parallèlement, nous utilisons FOXBASE+ comme générateur de bases de données locales pour les données historiques des appareils.

Plusieurs autres systèmes faisant appel au concept SEDA sont actuellement en voie de réalisation : SEDA-CAT (système expert pour l'analyse de la cavitation des turbines), SEDA-HUILE (système expert de diagnostic par analyse des huiles isolantes) et SUPER-DIAGNOSTIC (système expert de diagnostic de génératrices).

La version finale du prototype SEDA-TRANSFO, adaptée aux besoins des exploitants des régions, devrait être réalisée au cours de l'année 1990.

Électronique

PROJET EXSEMPLE – CONCEPTION DE POSTES PAR ORDINATEUR

L'objectif du projet EXSEMPLE est de démontrer la possibilité d'intégrer des systèmes experts à un environnement de conception assistée par ordinateur (CAO). Avec l'apport d'un système expert, un logiciel de CAO tel Autocad permettrait de réaliser une véritable conception assistée par ordinateur, et non seulement du « dessin » assisté par ordinateur.

Dans le cadre de ce projet, un système expert a été conçu en vue d'assister les spécialistes dans le processus de conception de tout type de postes (en particulier les postes de répartition) et de vérifier la conception en cours.

Grâce à ce nouvel outil intégré, le concepteur pourra, tout en utilisant le logiciel Autocad, concevoir un poste qui aura été vérifié au fur et à mesure par le système expert. Par conséquent, en plus de réduire le temps nécessaire à la conception, celle-ci sera exempte de toute erreur.

Conçu en collaboration avec le client, la vice-présidence Équipements de transport, le système expert a nécessité environ huit mois de recherche et de mise au point. Les objectifs de départ ont été parfaitement atteints, et le système est présentement en période d'évaluation.

Électronique

SIMULATION DE COURANT CONTINU DANS LE RÉSEAU À COURANT ALTERNATIF D'HYDRO-QUÉBEC

Lorsque surviennent des orages géomagnétiques, ou lorsque les postes HTCC sont exploités en mode monopolaire avec retour par la terre, des tensions continues se créent entre les grilles des postes à courant alternatif. Des courants continus pénètrent ainsi dans le réseau par les neutres mis à la terre des transformateurs.

En un temps relativement long (de l'ordre de la minute), le transformateur se sature dans une polarité et produit des harmoniques qui perturbent le réseau ainsi que la bonne marche de certains équipements, dont les compensateurs statiques. La défaillance de ces derniers est d'ailleurs à l'origine de la panne du réseau d'Hydro-Québec le 13 mars 1989.

À la requête de la vice-présidence Planification du réseau, nous avons d'abord fait l'étude théorique de ce phénomène à l'aide du logiciel EMTP dont le temps de calcul est excessivement long. Pour remédier à ce problème, nous avons mis au point une méthode de simulation qui force les transformateurs à atteindre le régime permanent en quelques secondes à peine plutôt qu'en plusieurs centaines de secondes.

Le temps de calcul des simulations EMTP a donc été réduit d'environ 100 fois, ce qui facilitera l'étude des effets des orages géomagnétiques et des électrodes de terre (HTCC) sur le réseau d'Hydro-Québec.

Appareillage électrique

PRODUCTION EN SÉRIE D'UN NOUVEAU DISJONCTEUR AU SF_6

Les travaux de recherche-développement menés conjointement par Hydro-Québec et GEC Alsthom Énergie depuis 1985 ont abouti cette année avec la construction des premiers modèles de série d'un nouveau disjoncteur au gaz SF_6 pour les basses températures (-50 °C). Le nouvel appareil, appelé GFX, possède la caractéristique exclusive de pouvoir utiliser, selon le niveau de tension, soit du SF_6 pur, soit un mélange de gaz SF_6 et de N_2, sans que cela n'exige de modification sur le plan de la conception.

Afin de démontrer leur fiabilité, deux disjoncteurs de série seront installés en réseau pour la manoeuvre d'inductances shunt, l'un à 315 kV au poste Manic, l'autre à 765 kV au poste Micoua. Par ailleurs, des essais complémentaires d'homologation seront effectués au cours de l'année 1990 en vue de couvrir toutes les applications possibles de l'appareil ainsi que toute la gamme de tension, de 72,5 à 765 kV.

Appareillage électrique

Photo : GEC Alsthom Énergie

Pôle complet à 765 kV du disjoncteur GFX à l'usine de GEC Alsthom Énergie. La production industrielle de ce disjoncteur a débuté cette année.

Essais mécano-climatiques à -50 °C sur une chambre de coupure du disjoncteur GFX afin de vérifier son étanchéité.

SYSTÈME D'ÉVALUATION DE RELAIS ET D'AUTOMATISMES (SERA)

Un nouveau système de vérification, le système SERA, a été mis au point en 1989. Ce système combine la polyvalence d'un équipement d'essai informatisé et la simplicité d'un banc d'essai classique. La démonstration du prototype aura lieu au printemps 1990.

Le système SERA utilise un ordinateur personnel de type 386, un matériel spécialisé d'acquisition et de génération de signaux ainsi que des amplificateurs de tension et de courant. L'ordinateur personnel sert au traitement des formes d'onde et des résultats d'essai (base de données, visualisation, statistiques), à l'interface homme-machine et au contrôle du matériel périphérique. Ce dernier enregistre et reproduit les signaux provenant des postes et des centrales (transformateurs de tension et de courant pour l'analogique et relais électromécaniques pour les états logiques).

Les formes d'onde d'essai peuvent provenir d'une simulation numérique effectuée sur un autre ordinateur (par exemple, une simulation par le logiciel EMTP), d'une acquisition analogique (sur le simulateur analogique ou sur le réseau lui-même) ou d'une séquence commandée directement par l'opérateur à l'appareil.

Pour assurer l'intégrité des essais, le système comprend de multiples fonctions d'autovérification et d'autocalibration qui en simplifient l'usage. Deux versions sont prévues, soit une unité de laboratoire et une unité portative de chantier. La première permet de traiter jusqu'à 12 canaux analogiques d'entrée et de sortie (6 de tension et 6 de courant), 64 entrées logiques et 12 sorties logiques. La seconde peut traiter jusqu'à 6 canaux analogiques d'entrée et de sortie, 16 entrées logiques et 3 sorties logiques.

Le système SERA a été mis au point à la demande des services suivants : Automatisation et Protection, Études de réseau (groupe Équipement) ; Commande et Protection (vice-présidence Production, Transport et Distribution) ; Essais et Expertises techniques, Gestion des réseaux (région Maisonneuve).

Méthodes numériques

Mesure du décentrage des manchons de câbles

Par suite d'une étude commandée par la vice-présidence Équipements de transport, deux nouvelles méthodes ont été mises au point en vue de mesurer le décentrage des manchons de câbles. Entreprise en collaboration avec la firme Tecrad, cette étude avait pour but de caractériser, à l'aide de méthodes non destructives, le décentrage des manchons d'aluminium des câbles aériens par rapport à l'âme d'acier.

La première méthode fait appel à l'induction magnétique. Un champ magnétique étant induit par un aimant permanent de grande intensité, on mesure la position de l'âme d'acier grâce à une sonde à effet Hall et à un encodeur. On obtient ainsi une courbe caractéristique de la position du manchon d'acier à l'intérieur du joint. Bien que la variation du champ magnétique soit très faible, on peut néanmoins la détecter avec suffisamment d'exactitude pour mesurer le décentrage à 5 mm près. Le système mis au point se prête facilement à l'automatisation, et pourrait être utilisé en chantier.

La deuxième méthode utilise quant à elle la résistance électrique. Dans ce cas, c'est la variation de la résistance le long du manchon extérieur qui permet de mesurer la position du manchon d'acier. Pour ce faire, nous avons construit un nouveau type de gabarit auquel sont fixées une série d'électrodes. La sensibilité du microhmmètre a permis d'obtenir des données très précises : l'écart maximal enregistré pour un fort décentrage était d'environ 0,5 microohms.

Cette dernière méthode s'avère particulièrement intéressante puisqu'elle permet de mesurer diverses caractéristiques, dont la résistance globale du joint. Elle pourrait servir pour évaluer la qualité globale des joints neufs aussi bien que des joints en service. En collaboration avec la direction Appareillage, le nouveau gabarit a par ailleurs été adapté pour permettre la vérification des brasures au cours du rebobinage des alternateurs à grande puissance. Des essais sont présentement en cours à la centrale de Bersimis 2.

Chimie des matériaux

Assemblage par soudage des conducteurs électriques

À la demande de plusieurs unités d'Hydro-Québec, nous avons entrepris récemment une étude visant à évaluer la qualité des assemblages soudés des conducteurs électriques. Plusieurs expertises ont ainsi été réalisées, notamment sur les joints brasés des raccords basse tension de transformateurs de puissance aux centrales de La Grande 2 et 4, ainsi que sur des connexions de mise à la terre. La méthode d'évaluation utilisée dans le cadre de cette étude combine des mesures de conductivité, une étude métallographique ainsi que des tests d'échauffement et de fusion.

L'objectif final de ces travaux est de mettre au point de nouvelles méthodes d'assemblage par soudage en vue d'améliorer la qualité des joints, de faciliter leur fabrication et, ultimement, d'améliorer la fiabilité des équipements. À cette fin, nous envisageons tout particulièrement d'appliquer la méthode du brasage et du soudage par résistance ainsi que celle du soudage à l'arc MIG pulsé.

Technologie des matériaux

Système de mesure du décalage angulaire

Les travaux relatifs au système de mesure du décalage angulaire (SMDA) ont été à toutes fins utiles terminés cette année. Ce système, qui en est à sa troisième version, est destiné à la vice-présidence Production, Transport et Distribution ; il a comme principal objectif de produire une « vue d'ensemble » du réseau de transport à 735 kV. Celle-ci permettra d'évaluer rapidement la gravité d'un événement, de le situer par rapport aux grands axes du réseau et d'en déterminer la nature (court-circuit, ouverture de ligne, perte de production ou de charge, etc.).

Le système dispose à cet effet de quatre postes de mesure permanents (Boucherville, Châteauguay, Arnaud et La Grande 2) qui transmettent à chaque cycle les tensions de crête et le temps de passage par zéro de la tension. Ces données sont recueillies par une unité centrale qui les analyse et qui enregistre toute perturbation excédant certains seuils et ce, en temps réel.

Grâce à un ordinateur personnel ou à un terminal graphique, les utilisateurs ont accès à ces données et peuvent ainsi obtenir des courbes de tension, de fréquence, d'écart angulaire, etc. On peut également leur transmettre les données sous forme numérique.

Au cours de l'année, nous avons mis en service les logiciels de traitement de données destinés aux utilisateurs et produit la documentation sur le matériel et

les logiciels. Nous avons de plus mis au point les logiciels servant à transmettre en temps réel certaines données aux ordinateurs du Centre de conduite du réseau, en vue de les rendre accessibles aux opérateurs du réseau. Ces derniers pourront ainsi déceler rapidement l'asymétrie de tension qui annonce le début d'un orage géomagnétique pouvant toucher le réseau de transport d'Hydro-Québec. Ils pourront donc prendre les mesures nécessaires pour éviter que ne se reproduisent les événements de mars 1989, alors qu'un tel orage avait causé une panne générale du réseau.

Électronique

TRAVAUX SUR LES FIBRES OPTIQUES

Nous avons entrepris au cours de l'année divers travaux portant sur les fibres optiques, notamment en ce qui touche les télécommunications et les capteurs de courant.

Au chapitre des télécommunications, nos spécialistes en mécanique et en électronique ont mené un projet d'étude sur un nouveau type de câble de garde renfermant un faisceau de fibres optiques. Cette expérience pilote, qui se déroule à la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine, vise à évaluer le comportement mécanique du câble à long terme, ainsi que la qualité de transmission de l'information. Ces travaux ont été réalisés en collaboration avec le personnel des unités clientes (vice-présidences Équipements de transport et Production, Transport et Distribution) et celui des régions Maisonneuve et Matapédia.

Sur le plan mécanique, l'objectif est de déterminer l'effet des vibrations auxquelles le câble est soumis. Ces données permettront d'évaluer la longévité du câble et de mettre au point des procédures d'installation et d'essai, afin notamment de vérifier en laboratoire sa tenue en fatigue. Ce volet du projet est réalisé en collaboration avec le service Mécanique.

Sur le plan optique, il s'agit de mesurer l'effet des contraintes mécaniques du câble sur la qualité de transmission. À cet effet, divers paramètres sont enregistrés à toutes les 15 minutes : vitesse du vent, température, amplitude et fréquence des vibrations, etc. Simultanément, des signaux sont transmis par fibre optique et leurs caractéristiques sont mesurées, notamment le taux d'atténuation. Une corrélation entre les contraintes mécaniques et la qualité de transmission de l'information est ensuite établie.

Le câble de garde mis à l'essai aux Îles-de-la-Madeleine comporte huit fibres optiques contenues dans un tube d'aluminium, autour duquel s'enroulent neuf brins d'acier également recouverts d'aluminium. L'installation a été complétée en septembre, et une première phase de mesure s'est déroulée pendant deux mois. Une seconde phase, d'une durée de deux mois également, aura lieu au printemps prochain.

La principale qualité de la fibre optique comme médium de communication est qu'elle est immunisée naturellement contre les perturbations électromagnétiques. En outre, en ce qui a trait aux nouvelles lignes, il s'agit d'une technique plus rentable que la technologie classique des micro-ondes.

Nous avons réalisé cette année des travaux sur les câbles de garde intégrant des fibres optiques.

En ce qui concerne les capteurs à fibres optiques, nous avons réalisé une étude pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité (ACE) sur les fibres optiques à haute tension utilisées entre autres avec des capteurs de courant placés sur des lignes. Le rapport d'étude présente différentes expériences visant à caractériser l'évolution des fibres optiques et de divers systèmes utilisant les fibres optiques placées sous tension.

Mentionnons en terminant que nous avons construit un prototype de laboratoire de vélocimètre à effet Doppler. Capable de mesurer la vitesse de rotation instantanée d'une machine tournante, cet appareil pourrait être utilisé en particulier dans un stabilisateur de machine tournante.

Électronique
Mécanique

RACCORD ASYNCHRONE EN QUADRATURE

Hydro-Québec s'intéresse de près aux nouvelles technologies pouvant servir à réaliser des interconnexions au sein de son propre réseau ou avec d'autres réseaux, aux fins d'exportation. L'une de ces nouvelles technologies est le raccord asynchrone en quadrature (RAQ). Le RAQ possède une polyvalence inégalée qui lui permet, entre autres, de jouer simultanément le rôle d'une interconnexion à courant continu et de deux compensateurs statiques.

Nos analyses ont révélé que le RAQ constitue une technologie d'interconnexion très performante. Sa grande souplesse permet d'accroître la capacité d'exportation, sans exiger le recours à des machines tournantes.

Plusieurs autres applications du RAQ sont envisagées, notamment l'aiguillage de puissance, l'augmentation de la capacité de transit des lignes, l'îlotage d'un réseau et l'exploitation asynchrone des centres de production.

Cette étude a été réalisée en collaboration avec le service Essais et Expertises techniques de la région Maisonneuve, pour le compte du groupe Équipement.

Appareillage électrique

EFFETS DES FEUX DE FORÊT SUR LES LIGNES DE TRANSPORT

Le projet de recherche sur les effets des incendies de forêt sur les lignes de transport à haute tension s'est poursuivi cette année. On sait que ces incendies produisent des courts-circuits, entraînant par le fait même des interruptions de service. Le projet en cours vise donc à établir quelles sont les conditions critiques d'exploitation d'une ligne à c.a. ou à c.c. en cas d'incendie.

Nos efforts ont d'abord porté sur l'analyse de données d'essais des deux dernières années. Il en est ressorti que les flammes affectent considérablement l'isolation de l'air ; l'analyse de statistiques récentes a d'ailleurs confirmé l'importance du phénomène. Nous avons ensuite procédé à l'inspection de plusieurs lignes qui avaient été soumises à des incendies de forêt. Par ailleurs, un nouveau système d'acquisition à haute vitesse est en voie de réalisation pour l'analyse de phénomènes rapides.

Selon les résultats obtenus jusqu'à maintenant, il apparaît que l'élaboration de nouvelles normes de dégagement et d'entretien des emprises pourrait contribuer à augmenter la fiabilité du réseau.

Lignes aériennes

SYSTÈME DE MESURE DU COURANT DE FOUDRE SUR LES LIGNES DE TRANSPORT

Une équipe de chercheurs et de techniciens a mis au point un système autonome de mesure et d'enregistrement du courant de foudre qui frappe les lignes de transport. Selon des recherches antérieures, il est en effet indispensable de connaître la forme complète de l'onde de courant de foudre pour comprendre les phénomènes responsables de défauts majeurs sur les lignes de transport.

Deux des principaux éléments du système, soit le capteur de courant et le boîtier d'acquisition de données, ont été développés de toutes pièces ; le troisième élément est un chargeur à batterie solaire de fabrication commerciale qui assure une alimentation autonome.

Le capteur de courant fait appel à la technologie des bobines de courant toroïdales. Cette technique a permis de construire un appareil de grandes dimensions en forme de pince qui s'insère autour du support du câble de garde.

Le boîtier d'acquisition a été conçu et réalisé par la firme CPU Design. L'enregistreur possède un taux d'échantillonnage de 10 MHz (soit 10 millions d'échantillons à la seconde) et peut étiqueter les enregistrements avec une grande précision. Il consomme peu d'énergie et est accessible par lien optique au moyen d'un logiciel de communication standard.

Les trois éléments réunis forment un système performant qui permet d'enregistrer la forme de l'onde de courant de foudre dans une mémoire électronique après y avoir indiqué l'heure exacte de la mesure. Les données ainsi emmagasinées peuvent être lues par un ordinateur portatif en utilisant un lien de communication standard par fibre optique.

À partir de la saison de foudre 1990 et pour les trois saisons suivantes, une vingtaine de ces systèmes seront installés en divers points stratégiques du réseau de transport, notamment là où la traversée de rivières exige des pylônes très élevés. Les données recueillies serviront à valider les modèles de protection des lignes par des mesures directes, et permettront d'établir d'une façon fiable l'amplitude des surtensions de foudre. Ces surtensions sont responsables notamment de la perforation des isolateurs et du vieillissement accéléré de l'appareillage.

Lignes aériennes

Essais sous pluie d'un cylindre de porcelaine simulant une extrémité de câble HTCC.

AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE DES TRAVERSÉES MURALES ET DES EXTRÉMITÉS DE CÂBLES HTCC

Divers problèmes de fiabilité touchant des traversées murales à haute tension et à courant continu (HTCC) ont été relevés au cours des dernières années. Un projet de recherche a donc été entrepris en 1989, pour le compte de la vice-présidence Équipements de transport, en vue de déterminer les causes de ces défaillances ; les travaux ont également porté sur les extrémités de câbles HTCC. Voici à cet effet nos principales réalisations :

- Nous avons effectué des essais sous pluie sur un cylindre de porcelaine vide afin de vérifier le comportement des sources combinées (continue et alternative), à des niveaux de tension atteignant jusqu'à 970 kV crête.
- Nous avons effectué des essais sous pollution artificielle sur un cylindre de porcelaine vide simulant une extrémité de câble. Il s'agissait de mesurer la tension critique de contournement sous diverses conditions de contamination non uniforme afin d'établir les conditions les plus sévères en vue des essais types sur les extrémités de câble HTCC.
- Nous avons effectué des essais types sous conditions de pluie et de tensions combinées (alternative et continue), et d'autres essais sous tension continue sur un type d'extrémité de câble à 450 kV, en présence de contamination non uniforme et sous conditions de brouillard.
- Nous avons réalisé une analyse théorique portant sur la répartition de la tension dans un modèle de traversée comportant des écrans capacitifs.
- Nous avons formulé un modèle mathématique pour la simulation des contournements des traversées murales. Ce modèle tient compte non seulement des conditions de surface, mais également de la construction interne des traversées, avec représentation des éléments capacitifs et résistifs. Les résultats théoriques produits concordent avec les résultats expérimentaux obtenus lors d'essais sous pluie non uniforme sur une traversée murale à 600 kV de type classique.

Lignes aériennes
Laboratoire Haute tension

Effets du verglas et de la neige sur l'isolation des lignes de transport

Il est actuellement reconnu que des conditions sévères de verglas, et parfois simplement de neige, peuvent causer des contournements sur les lignes de transport. Conformément au *Plan de la technologie 1989-1991*, un projet a été mis de l'avant afin de déterminer précisément l'effet de ces conditions sur l'isolation des lignes et de l'équipement de transport.

Pour mener à bien ce projet, nous entendons nous doter d'une salle d'essais climatiques à haute tension. Nous avons fait appel à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue d'établir les paramètres de conception de cette salle, qui devrait être mise en service au cours de l'année 1991.

Nous avons par ailleurs effectué une revue de la documentation disponible sur les mécanismes de contournement, ainsi que sur les installations et les procédures d'essais sous glace. Une étude statistique a également été entreprise ; elle porte, d'une part, sur les indisponibilités survenues dans le réseau de transport d'Hydro-Québec et, d'autre part, sur l'historique de la climatologie des tempêtes de verglas au Québec. Parallèlement, nous procédons actuellement à la mise sur pied d'un programme de suivi systématique du comportement du réseau face à l'ensemble des incidents météorologiques hivernaux.

Lignes aériennes
Laboratoire Haute tension

Effets biologiques des champs électriques et magnétiques

Tous les projets mis sur pied dans le cadre du plan d'action d'Hydro-Québec sur les effets des champs électriques et magnétiques ont marqué de nets progrès au cours de l'année 1989.

Ainsi, dans le cadre du projet de recherche sur la perception chez les humains des champs électriques et des courants ioniques produits par les lignes à courant continu, nous avons terminé la conception et la construction d'une chambre d'exposition. Celle-ci permet de simuler diverses conditions pouvant exister sous les lignes de transport à courant continu. La firme Environmental Research Information de New York, qui est notre consultant en ce qui a trait à l'aspect psychophysique du projet, a mis au point un protocole préliminaire aux fins des études sur les êtres humains.

Nous avons en outre conçu un appareil qui mesure et enregistre pendant 24 heures le champ électrique vertical et le champ magnétique selon trois axes orthogonaux à 60 Hz. Grâce aux trois prototypes déjà construits, nous avons pu entreprendre le projet sur la caractérisation des champs électriques et magnétiques dans différents milieux. Des mesures ont ainsi été prises dans une dizaine de maisons et d'appartements.

En ce qui concerne l'étude épidémiologique entreprise conjointement par Hydro-Québec, Ontario Hydro et Électricité de France, nous avons contribué aux travaux portant sur l'étalonnage et la mise au point de logiciels de dosimétrie.

Par ailleurs, le programme de mesure lié au suivi environnemental de la ligne d'interconnexion à ± 450 kV c.c. s'est terminé au printemps 1989, et une analyse exhaustive des résultats est en cours.

Dans le cadre de l'étude sur les brûlures électriques, des mesures d'impédance ont été prises sur différents organes de cinq espèces animales. Les résultats indiquent que chaque organe possède une « signature électrique » propre, et que celle-ci est similaire pour le même organe, quelle que soit l'espèce.

Enfin, nous avons apporté notre contribution à deux projets d'information du plan d'action. Le premier prévoit la construction, sur le site de l'IREQ, d'un centre d'information sur les effets biologiques des champs électriques et magnétiques (voir l'article en p. 62). Le second concerne la publication d'un document de vulgarisation sur le même sujet, intitulé *De l'électricité dans l'air*.

Lignes aériennes

Comportement mécanique de l'équipement de poste

Une nouvelle équipe de recherche, chargée de toutes les activités liées aux équipements de postes, a été mise sur pied en 1989 au sein du service Mécanique.

Un des axes de recherche porte sur l'étude du soulèvement par gel adhésif des fondations à action latérale de type caisson en béton armé. L'objectif est d'optimiser la conception de ce nouveau type de fondation, plus économique et beaucoup plus rapide à construire, destiné aux équipements légers des postes futurs.

Une première série d'essais a été effectuée aux deux sites d'essais des postes Beaupré et Lévis, tous deux construits sur des sols très gélifs. L'analyse des données a permis de dresser une évaluation comparative préliminaire des différents types de fondations à caisson. Les fondations avec isolation thermique en surface se sont révélées nettement supérieures. En prévision d'une deuxième série d'essais, prévue à l'hiver 1990, de nouvelles fondations ont été érigées au poste Beaupré afin d'expérimenter une technologie inédite visant à minimiser les effets du gel adhésif.

L'équipe de recherche a poursuivi par ailleurs les études sur la résistance mécanique des cuves de transformateurs de puissance lors des claquages internes, et d'importants progrès ont été accomplis en cette matière.

Ainsi, un nouveau modèle analytique est maintenant disponible pour l'étude du comportement structural des parois de cuve par le biais d'une étude paramétrique des principales caractéristiques. D'autre part, une méthode numérique a été appliquée avec succès pour la première fois au problème d'explosion des transformateurs. Enfin, un laboratoire d'essais sur maquette a été mis sur pied spécialement pour reproduire à échelle réduite les phénomènes liés aux claquages internes.

Mécanique

Étude des faisceaux de conducteurs surtendus

Nous avons terminé cette année la dernière phase d'une campagne d'observation visant à mesurer la sensibilité des faisceaux de conducteurs surtendus aux vibrations induites par le vent. Entreprise en 1987 pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité et de la vice-présidence Équipements de transport, cette étude a été conduite en majeure partie à la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine.

Les premières analyses ont pleinement confirmé l'hypothèse voulant que les conducteurs en faisceau équipés d'entretoises-amortisseurs puissent être réglés à une plus grande tension que les conducteurs simples, là où les charges de givre ne sont pas déterminantes. En réduisant ainsi les flèches, il est possible de réduire d'autant la hauteur des pylônes et, par conséquent, de réaliser des économies considérables.

Mécanique

Station d'essais pour l'étude du soulèvement des fondations à action latérale par le gel adhésif du sol, située au poste Beaupré près de la ville de Québec.

MODÈLE DE CALCUL DE L'AUTO-AMORTISSEMENT DES CONDUCTEURS

Nos spécialistes ont achevé cette année la mise au point d'un modèle semi-empirique pour le calcul de l'auto-amortissement des conducteurs aluminium-acier et aluminium-alliage. Un net progrès a ainsi été accompli dans le calcul de la réponse des conducteurs aériens aux vibrations éoliennes. Auparavant, chaque conducteur de même type devait être caractérisé en laboratoire au titre de l'auto-amortissement, une opération à la fois fastidieuse et onéreuse. Les paramètres requis peuvent désormais être tirés beaucoup plus facilement du modèle applicable aux conducteurs de la classe correspondante. Le nouveau modèle a été incorporé aux divers programmes de calcul des vibrations des conducteurs aériens.

Ces travaux ont été effectués pour le compte de la vice-présidence Équipements de transport.

Mécanique

MODÉLISATION DES SYSTÈMES CONDUCTEURS-ENTRETOISES-AMORTISSEURS

Nous avons mené à terme nos études visant la modélisation des systèmes conducteurs-entretoises-amortisseurs en régime de vibrations éoliennes. Le modèle mis au point se distingue par sa capacité à traiter toutes les asymétries, qu'elles touchent les caractéristiques des conducteurs et des dispositifs anti-vibratoires ou le réglage des sous-conducteurs. De plus, le modèle associe les vibrations éoliennes à des grandeurs aléatoires et tient compte de l'influence de la turbulence des vents naturels sur l'excitation des conducteurs, ce qui permet de refléter beaucoup plus fidèlement les phénomènes en cause.

Un logiciel baptisé VIBÉOL a été conçu à partir du modèle. Il a été appliqué pour une première fois à la traversée aérienne temporaire du Saint-Laurent entre Grondines et Lotbinière, dans le cadre du projet de la ligne Baie James – Nouvelle-Angleterre.

Ce programme de mise au point a été parrainé par la vice-présidence Équipements de transport.

Mécanique

ÉTUDES SUR L'IMPLANTATION DE LA COMPENSATION SÉRIE

Nous avons mené cette année plusieurs études sur la compensation série. La première, réalisée sur simulateur à la demande de la vice-présidence Planification du réseau, avait trait aux contraintes d'équipements. Elle consistait à établir les surtensions énergétiques maximales et les contraintes auxquelles sera soumis l'équipement de compensation série, et particulièrement les parafoudres protégeant les condensateurs.

Grâce aux résultats obtenus, le groupe Équipement a pu optimaliser les paramètres du réseau et les caractéristiques des équipements, puis compléter le cahier des charges en vue des appels d'offres auprès des constructeurs.

Étude sur simulateur des nouveaux systèmes de protection requis pour la compensation série.

Nous avons également entrepris une étude exhaustive du comportement des systèmes de protection des lignes compensées en série, pour le compte cette fois de la vice-présidence Équipements de transport. Cette étude de simulation est la plus importante du genre jamais réalisée. En effet, pas moins de dix systèmes de protection, provenant de cinq constructeurs différents, sont étudiés simultanément sur tout le réseau de transport simulé d'Hydro-Québec.

Les relais de protection utilisés actuellement sur le réseau sont des relais d'impédance qui n'ont pas été conçus pour être installés sur des lignes compensées en série. Il faut donc aujourd'hui trouver de nouveaux types de relais compatibles avec la compensation.

Les relais présentement à l'étude sont des relais statiques ou à micro-processeurs. Ils font appel à différents principes de fonctionnement dont la mesure d'impédance, la détection de front d'onde, la superposition d'onde, la mesure différentielle de courant et la comparaison de phase. Certains de ces relais sont si récents qu'ils en sont à leurs premiers essais d'homologation.

Le programme d'essais est réalisé en collaboration avec le service Essais et Expertises techniques de la région Maisonneuve. Les résultats fournis par le simulateur et l'équipe d'étude sont analysés au fur et à mesure, sur place, par une équipe de quatre experts du groupe Équipement.

Études de réseaux

Étude de l'interconnexion Châteauguay

Entreprise au début de l'année, l'étude de performance et d'optimisation de l'interconnexion à courant continu de Châteauguay s'est poursuivie avec succès. La fiabilité de l'interconnexion exploitée en mode d'importation avec les filtres de 2e harmonique a d'abord été démontrée. L'équipe de recherche a ensuite réussi à déterminer, à l'aide du simulateur, les conditions d'exploitation et les réglages optimaux des systèmes de commande.

Les modifications proposées ont été implantées au poste avec succès. L'étude a ainsi permis d'accroître sensiblement le niveau autorisé des exportations vers le réseau de la New York Power Authority.

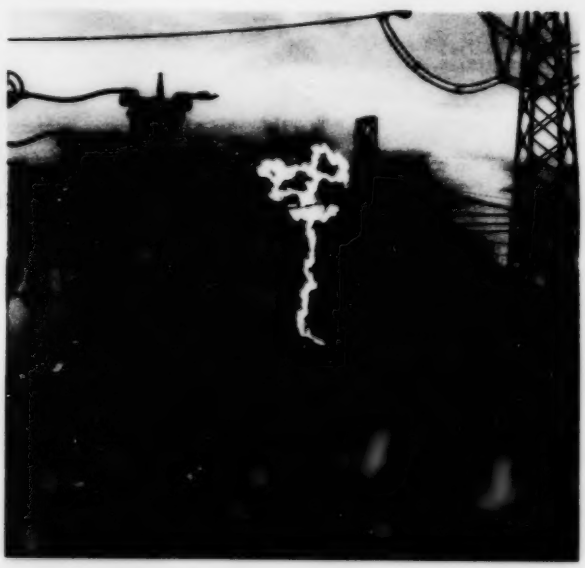
Cette étude a été réalisée en collaboration avec des spécialistes de la vice-présidence Production, Transport et Distribution et de la région Maisonneuve d'Hydro-Québec.

Études de réseaux

Essais électriques au laboratoire grande puissance

Nous avons effectué des essais de tenue au courant de court-circuit et des essais d'arc de puissance sur des câbles de garde avec fibres optiques intégrées afin de vérifier si la transmission des signaux lumineux était affectée par ces conditions extrêmes.

Le premier essai consistait à faire circuler durant 30 cycles, dans l'enveloppe métallique conductrice d'un câble de garde, un courant de court-circuit d'environ 20 kA. Le câble étant préchauffé à 50 °C et tendu mécaniquement à 10 % de sa charge de rupture, des stress thermiques et mécaniques ont ainsi été produits sur les fibres optiques situées à l'intérieur ; de tels stress peuvent affecter la transmission de la lumière d'une longueur d'onde de 1 300 et de 1 550 nanomètres. La longueur du câble de garde est de 10 m, tandis que celle des fibres optiques est d'au moins 100 m (10 fibres optiques étant épissurées bout à bout). L'essai est complété par l'application d'une tension mécanique de 75 % de la charge de rupture du câble.



Essais au laboratoire Grande puissance sur l'extinction des arcs secondaires et la réenclenchement monophasé des lignes à 315 kV.

L'essai d'arc de puissance consistait pour sa part à amorcer, à l'aide d'un fil fusible, un arc de puissance d'environ 20 kA, 6 cycles, entre le câble de garde et un conducteur placé en parallèle. Cet essai visait à déterminer l'influence de l'arc sur la transmission de la lumière par fibres optiques.

Des essais ont été effectués par ailleurs sur la chambre de coupure d'un pôle de disjoncteur à haute tension au SF_6. Il s'agissait d'essais de fermeture et d'interruption de courant réalisés à l'aide d'une batterie de condensateurs en gradins (dos à dos). Un courant d'appel capacitif de 20 kA crête, à une fréquence de 4 250 Hz, est produit lors de la fermeture du disjoncteur. Cette oscillation est créée par la décharge d'une batterie de condensateurs (située en amont du disjoncteur) dans une batterie de condensateurs de charge (en aval). Après l'amortissement du courant d'appel, le disjoncteur doit interrompre un courant capacitif de 630 A à une tension de 115 kV.

Enfin, des essais ont été réalisés sur une bobine d'inductance de limitation de courant. L'inductance de 230 kV, 2 milli-henry, de type à sec avec noyau d'air muni d'un amortisseur anti-sismique, a été soumise à des essais de tenue au court-circuit de 26,7 kA eff., à 60 Hz, durant 3 s, avec première crête asymétrique de 75,6 kA.

Laboratoire Grande puissance

ESSAIS MÉCANIQUES AU LABORATOIRE GRANDE PUISSANCE

Des essais d'endurance thermo-mécanique, suivis d'essais électromécaniques, ont été effectués sur des chaînes d'isolateurs neufs. L'essai thermo-mécanique comprend quatre cycles d'échauffement et de refroidissement à des températures extrêmes, avec application, sur la chaîne d'isolateurs, d'une tension mécanique égale à 70 % de la valeur garantie. D'une durée de 24 heures, chaque cycle consiste à abaisser la température jusqu'à -50 °C, puis à la maintenir fixe durant quatre heures ; la température est ensuite relevée jusqu'à +50 °C, et maintenue à nouveau durant quatre heures.

L'essai électro-mécanique, quant à lui, consiste à appliquer simultanément une tension électrique et une traction mécanique croissante sur la chaîne d'isolateurs.

Des chaînes d'isolateurs en porcelaine usagés, provenant des vieilles lignes de transport d'Hydro-Québec (60 ans ou plus), ont également fait l'objet d'essais de rupture électro-mécanique. Ces essais, qui visaient à connaître l'état des chaînes d'isolateurs, ont permis de déterminer les valeurs limites de bris mécanique et de perforation diélectrique.

Par ailleurs, des essais climatiques ont été réalisés sur la chambre de coupure d'un disjoncteur à haute tension au SF_6. Ces essais se sont tenus à -50 °C dans la salle mécano-climatique, dont les dimensions sont de 8,3 m x 6,5 m x 4,8 m. On visait ainsi à vérifier l'étanchéité du disjoncteur à très basse température en mesurant le taux de fuite du gaz isolant SF_6. Le taux de fuite à -50 °C ne doit pas dépasser de plus de six fois celui mesuré à +20 °C. Deux enceintes, l'une pour la chambre de coupure et l'autre pour le mécanisme, sont utilisées pour capter le gaz s'échappant des joints. Nous avons également mesuré diverses caractéristiques de fonctionnement : durée et vitesse de fermeture, durée et vitesse d'ouverture, pression des gaz et chauffage intérieur.

Laboratoire Grande puissance

ESSAIS SUR DES ÉQUIPEMENTS DE TRANSPORT EN COMMUN

Nous avons effectué des essais de qualification en fatigue mécanique de la connexion par soudure d'une traverse de plancher avec le brancard d'une caisse de wagon de métro. À l'aide de deux vérins hydrauliques, l'échantillon a été soumis 3 millions de fois à deux forces différentes (l'une verticale de 7 606 N, l'autre horizontale de 333,6 N), à une fréquence de 10 Hz. Une inspection visuelle était effectuée après chaque tranche de 500 000 cycles. Ce programme d'essais a été réalisé pour le compte d'un fabricant de matériel de transport.

Nous avons par ailleurs réalisé des essais de tenue au courant de court-circuit sur un ensemble transformateur-redresseur destiné à l'alimentation du système de transport en commun d'une ville américaine. L'ensemble comprenait un transformateur de 3,2 MVA, 34,5 kV/750 V, un jeu de barres blindées et un pont de diodes de puissance.

Laboratoire Grande puissance

Essais au laboratoire haute tension

Au cours de l'année, nous avons obtenu plus de 200 contrats de vérification d'équipement à haute tension, tant auprès de l'entreprise que de divers constructeurs. Nous avons ainsi vérifié plus de 45 transformateurs de puissance, 120 transformateurs de courant et 25 transformateurs de tension. Cinq transformateurs HTCC $315/210/210/\sqrt{3}$ kV, 404 MVA, construits par ASEA Brown Boveri (ABB) à son usine de Varennes et destinés au poste Radisson, ont également été vérifiés.

En outre, une traversée murale de 500 kV, également construite par ABB et destinée au poste Radisson, a été soumise à un vaste programme d'essais à la salle de pollution afin d'en évaluer le comportement dans des conditions limites. Le programme comprenait des essais sous conditions de pluie uniforme et non uniforme, et des essais sous brouillard propre.

Les colonnes isolantes à 500 kV à courant continu du même poste ont également subi des essais de pollution sous brouillard propre.

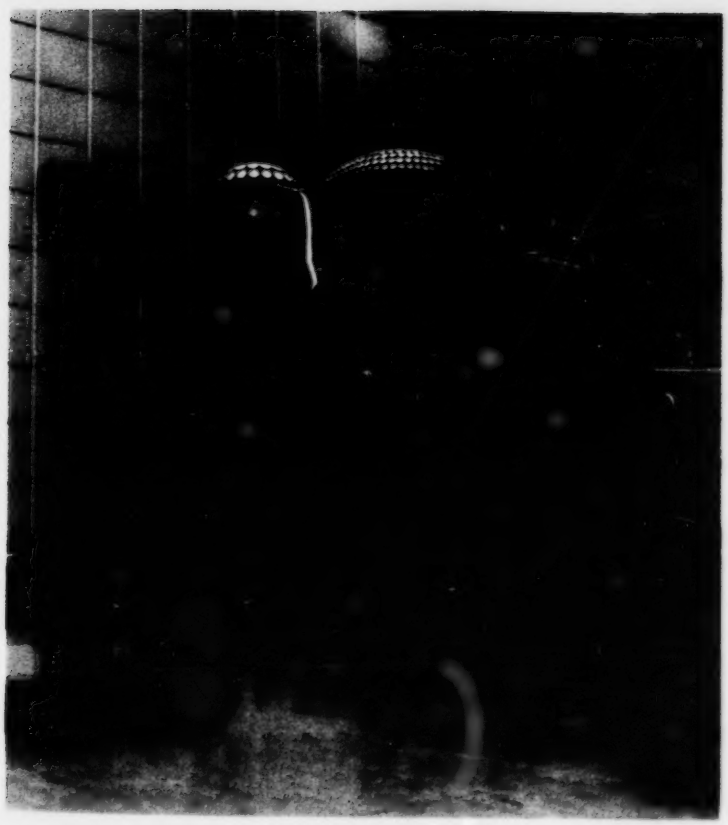
Nous avons par ailleurs participé au programme d'essais des câbles à ± 500 kV de la traversée sous-fluviale (voir l'article en p. 20). Les essais du prototype Hitachi ont pris fin au mois de juillet ; ceux des prototypes Pirelli et STK seront quant à eux réalisés au début de 1990.

Laboratoire Haute tension

Création d'un centre d'innovation technologique

Hydro-Québec s'est associée à ASEA Brown Boveri (ABB) afin de créer un centre de recherche-développement en matière d'équipements et de réseaux de transport d'énergie électrique à haute tension. Le CITEQ (Centre d'innovation en transport d'énergie du Québec) disposera d'un fonds de démarrage de 4 millions de dollars et d'un budget d'exploitation de 10 millions réparti sur cinq ans. Situé à Varennes, à proximité de l'IREQ, le nouveau centre emploiera une vingtaine de chercheurs provenant des deux sociétés fondatrices.

Le but premier du CITEQ est d'améliorer la fiabilité et la capacité des grands réseaux électriques et de leurs interconnexions. À cet effet, il s'appuiera à la fois sur l'expertise scientifique des chercheurs du groupe TAI et sur celle d'ABB. Parmi les premiers sujets d'étude qui lui ont été confiés, mentionnons la fiabilité des transformateurs de puissance à haute tension et la mesure numérique de tension et de courant.



Essais de transformateurs de courant au laboratoire Haute tension.

DISTRIBUTION

Un nouveau parafoudre de distribution très sécuritaire a été mis au point cette année, tandis qu'une équipe de recherche s'est intéressée aux technologies de fabrication de circuits magnétiques de transformateurs en acier amorphe.

La qualité du service dans les réseaux de distribution a fait l'objet de diverses études. Nous avons aussi analysé les moyens d'augmenter la sécurité dans les réseaux souterrains de distribution en ce qui a trait aux arcs de défaut, et poursuivi nos travaux sur l'analyse de la corrosion dans les chambres souterraines ainsi que sur les raccords aluminium-cuivre en milieu salin. Une étude a été entreprise sur les mécanismes de diffusion dans l'environnement du pentachlorophénol, un préservatif utilisé pour les poteaux de bois des réseaux de distribution.

Dans le domaine des câbles à isolation extrudée, nous avons poursuivi nos travaux sur les ruptures diélectriques, l'oxydation et les arborescences d'eau, et mis au point un modèle de vieillissement des câbles.

MISE AU POINT D'UN NOUVEAU PARAFOUDRE DE DISTRIBUTION HAUTEMENT SÉCURITAIRE

En vue de satisfaire à la nouvelle norme d'Hydro-Québec concernant les parafoudres de distribution antidéflagrants à oxyde de zinc, un nouveau type de parafoudre à enveloppe de béton polymère a été mis au point conjointement avec la société Joslyn Canada.

La nouvelle norme porte la tension nominale de ces parafoudres de 18 à 21 kV ; leur comportement doit désormais être plus sécuritaire en cas de court-circuit interne accidentel. Il s'agit en fait de la norme la plus sévère au monde en matière de sécurité : en cas de court-circuit interne, elle permet d'éviter la projection de fragments et l'incendie de l'appareil défectueux, même dans des conditions extrêmes.

Au cours du printemps 1989, le parafoudre ZQTS a été soumis à des séries d'essais de court-circuit au laboratoire Grande puissance (voir l'article en p. 40). Les essais de court-circuit de 8 kA pendant 0,2 s ont été réalisés au moyen d'une source produisant un courant fortement asymétrique d'une valeur crête de 2,7 p.u. Une nouvelle procédure d'essais, qui entraîne progressivement un court-circuit dans le parafoudre par emballement thermique, a été utilisée pour cette série de tests. Ceux-ci étaient d'ailleurs beaucoup plus exigeants que la série d'essais précédents. Une douzaine d'autres types d'essais ont été réalisés avec succès aux laboratoires Grande puissance et Haute tension, notamment des essais sous pollution artificielle, des essais mécaniques et d'étanchéité ainsi que des essais de tenue diélectrique et d'injection d'ondes de courant.

Le design original du parafoudre de béton polymère a été modifié pour en optimiser le fonctionnement et réduire les coûts de fabrication. Ainsi, le support du parafoudre a été changé et les ancrages, qui permettent d'évacuer à l'extérieur l'arc interne formé par le court-circuit, ont été déplacés. De plus, le profil extérieur du parafoudre a été modifié afin d'allonger la ligne de fuite. Les enveloppes sont fabriquées au Québec par Zagram Canada.

Quelque 500 exemplaires du parafoudre ont été fabriqués et seront installés sur le réseau d'Hydro-Québec pour une période d'homologation. Par ailleurs, en raison de son niveau élevé de sécurité et de son prix concurrentiel — résultat de sa technique de fabrication simple et entièrement automatisée — il est prévu d'adapter le parafoudre à l'usage des réseaux européens.

Appareillage électrique

Nos chercheurs ont mis au point un nouveau parafoudre de distribution hautement sécuritaire en collaboration avec la société Joslyn.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'ONDE DE TENSION CHEZ LA CLIENTÈLE

Depuis cinq ans, Hydro-Québec a consacré un milliard de dollars à l'amélioration de la qualité du service dans l'ensemble de son réseau. Une large part de ces efforts a porté sur la continuité du service, sans toutefois que soit négligé cet autre aspect qu'est la qualité de l'onde de tension.

La première étape de ce projet, réalisé pour le compte de la vice-présidence Production, Transport et Distribution et de l'Association canadienne de l'électricité, vise à mesurer la qualité de l'onde qui est présentement offerte à la clientèle. Pour ce faire, on tiendra compte des phénomènes suivants : le papillotement, le déséquilibre de tensions, les harmoniques, les transitoires, les surtensions, les creux de tension et, enfin, les coupures brèves.

Nous avons terminé en 1989 une analyse très poussée concernant la mesure du taux de déséquilibre de tensions. Les premiers résultats montrent que ce taux fluctue continuellement, ce qui complique l'interprétation des données mesurées puisqu'il est ainsi difficile d'établir à quel niveau le déséquilibre devient vraiment contraignant pour le fonctionnement des appareils des clients. Une méthode mathématique a donc été mise au point pour prendre en compte les contraintes inhérentes à l'exploitation des appareils. En nous basant sur cette méthode, nous travaillons actuellement à la conception d'un analyseur d'asymétrie, lequel sera disponible au début de 1992.

De plus, afin d'obtenir un traitement uniforme des différents types de distorsion, un projet connexe a été lancé en vue de mettre au point un protocole de mesure qui permettra d'évaluer avec précision la qualité de l'onde de tension.

Appareillage électrique

MISE AU POINT D'UN PERTURBOGRAPHE POUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'ÉLECTRICITÉ

Dans le cadre des travaux sur la surveillance de la qualité de l'électricité, nous avons élaboré un projet visant à mettre au point un nouvel appareil du nom de perturbographe. Il s'agit d'un outil de dépannage servant à l'évaluation et à l'interprétation des phénomènes qui perturbent le réseau de distribution.

Dans un premier temps, nous avons passé en revue les appareils de mesure disponibles sur le marché. Certains d'entre eux ont été évalués uniquement à partir de leurs fiches techniques, tandis que deux autres ont fait l'objet d'essais en laboratoire.

Après analyse, il ressort qu'aucun appareil présentement sur le marché ne répond parfaitement à nos besoins en matière de surveillance. Nous souhaitons en effet disposer d'un appareil capable d'effectuer un traitement combiné de tous les phénomènes, lents ou rapides, se produisant sur le réseau.

La mise au point du prototype débutera par l'élaboration du matériel et des fonctions d'évaluation des phénomènes lents, soit :

- les variations périodiques (1 Hz à 25 Hz) de la tension efficace, qu'on appelle le papillotement ;
- les variations brusques et non périodiques de la tension efficace ;
- les puissance actives et réactives.

La seconde phase consistera à ajouter les fonctions d'évaluation des phénomènes rapides, soit :

- le calcul des harmoniques sur les tensions, courants et puissances (jusqu'à la 50e) ;
- la détection des impulsions dans les formes d'ondes.

Le système proposé utilise un ordinateur portatif équipé d'une carte de conversion analogique-numérique de huit canaux, assortie d'une interface d'isolation et de conditionnement analogique. Les données pertinentes à l'analyse seront emmagasinées automatiquement. Après une période d'acquisition de durée prédéfinie, les données seront compilées afin de déterminer les caractéristiques des fluctuations. Enfin, les résultats seront stockés en vue de traitements ultérieurs.

Le prototype sera mis au point au cours de l'année 1990 et devrait être soumis aux premiers essais en décembre. Ces travaux sont réalisés pour le compte de la vice-présidence Production, Transport et Distribution.

Méthodes numériques

SÉCURITÉ DU PUBLIC FACE AUX ARCS DE DÉFAUT DANS LES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION SOUTERRAINS

La formation d'un arc de défaut sur un équipement souterrain est un phénomène rare, mais dont les conséquences peuvent être graves. Une étude a donc été entreprise afin d'accroître la sécurité du personnel d'exploitation et d'entretien ainsi que du public.

Nous avons d'abord établi qu'un arc de défaut d'une durée de huit périodes sur un câble à 25 kV de 16 kA produit une forte énergie électrique. Cette énergie — qui prend diverses formes comme le rayonnement, le bruit, l'énergie de décomposition des matériaux, mais surtout la chaleur — doit être dissipée dans l'environnement. Par exemple, l'échauffement de l'air et la surpression dans un puits d'accès moyen peuvent atteindre respectivement quelque 50 °C et 0,2 atmosphère. La pression exercée sur le couvercle d'un puits serait alors suffisante pour le soulever.

Les travaux, effectués pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité, se poursuivent en vue de trouver des moyens de réduire les risques de tels événements dans les réseaux de distribution.

Appareillage électrique

Transformateur à 100 kVA à circuit magnétique en acier amorphe

Dans le cadre d'un contrat de licence et de recherche-développement conclu entre Hydro-Québec et Les Transformateurs Ferranti-Packard, nous sommes à mettre au point une technologie de fabrication de circuits magnétiques en acier amorphe. Nos travaux s'inspirent d'un design breveté par Hydro-Québec.

Les aciers ferromagnétiques amorphes se caractérisent par un très faible niveau de pertes par hystérésis et par courants de Foucault. Leur utilisation dans la fabrication de transformateurs de distribution pourrait ainsi entraîner d'importantes économies d'énergie électrique.

À l'heure actuelle, cependant, la fragilité et l'extrême sensibilité des aciers amorphes aux contraintes mécaniques réduisent considérablement leurs possibilités d'application industrielle ; ces contraintes provoquent en effet un accroissement des pertes par hystérésis et par courants de Foucault. On peut toutefois remédier au problème par un design approprié du circuit magnétique du transformateur de distribution et par une technique dite de déroulement-enroulement, lesquels ont été mis au point et expérimentés sur des préprototypes réalisés dans nos laboratoires.

Le but du projet conjoint Hydro-Québec – Ferranti-Packard est de produire une douzaine de prototypes de transformateurs de distribution à 100 kVA à circuits magnétiques en acier amorphe. La mise au point et l'utilisation de ces appareils permettront d'évaluer les possibilités de rentabiliser leur fabrication et leur exploitation.

Technologie des matériaux

Mécanisme final de rupture des câbles de distribution

Hydro-Québec et l'Association canadienne de l'électricité ont lancé un projet de recherche conjoint, auquel collabore le groupe de génie électrique du Conseil national de recherche du Canada, en vue d'étudier les mécanismes de rupture diélectrique de l'isolation polyéthylène en présence d'arbre d'eau. On sait en effet que les câbles souterrains, isolés au polyéthylène et dépourvus de gaine d'étanchéité, présentent souvent des arborescences d'eau dans l'isolation ; celle-ci diminue la tenue diélectrique du câble, provoquant ainsi un claquage prématuré qui réduit la fiabilité du matériel.

La croissance accélérée d'arbres d'eau dans des échantillons de polyéthylène permettra de mesurer la tenue diélectrique résiduelle en fonction de la longueur des arbres d'eau. Il sera aussi possible de caractériser l'amorçage de la rupture diélectrique à partir d'un arbre d'eau en déterminant l'augmentation de l'émission de lumière à l'extrémité de ce dernier.

Le projet comprend deux autres volets : l'étude de la biréfringence induite par une contrainte électrique ; et la mesure de l'électroluminescence du polyéthylène sous impulsions de tension en vue d'étudier l'accumulation de charge d'espace en courant continu.

Câbles et Isolants

Modifications aux normes touchant les câbles

Nous avons proposé en 1989 plusieurs modifications à la norme technique d'Hydro-Québec touchant les câbles à moyenne tension isolés au polyéthylène réticulé chimiquement. Ces recommandations s'appuient sur les connaissances acquises au cours d'un projet de caractérisation des câbles extrudés vieillis, effectué pour le compte de la région Richelieu, ainsi que sur l'expérience des 15 dernières années.

Les principales modifications proposées à la direction Distribution sont les suivantes :

- respect de la norme AEIC-CS5, avec certains ajouts ;
- utilisation de matériaux de base de meilleure qualité ;
- amélioration du processus de fabrication ;
- établissement par Hydro-Québec de moyens de contrôle de la qualité chez le manufacturier.

Afin de renforcer davantage les exigences de la norme, et de ce fait la qualité du service, il est également recommandé de faire des essais de longue durée, en laboratoire et sur le réseau, des nouvelles technologies de câbles.

Câbles et Isolants

Modèle de vieillissement électrique des câbles à isolation extrudée

Dans le cadre d'un projet financé par l'Electric Power Research Institute (EPRI), nous avons entrepris de mettre au point un modèle de vieillissement électrique des câbles à isolation extrudée. L'objectif était de concevoir un modèle capable de reproduire les résultats expérimentaux de vieillissement accéléré et de prédire la durée de vie réelle des câbles en service. Parmi les nombreuses théories actuelles sur le vieillissement, aucune ne permet de faire des prédictions fiables quant à une exploitation normale des câbles.

Le modèle que nous proposons a été établi à partir de données connues sur les câbles isolés au polyéthylène (réticulé ou non) et avec des matériaux à base d'éthylène-propylène. Il repose également sur diverses théories reconnues et sur des expériences récentes de laboratoire. Les équations permettant de prédire la durée de vie sous différentes conditions de champ électrique, de température et d'environnement se sont révélées relativement simples, et assez fiables pour produire des approximations très satisfaisantes. Quelques études restent encore à mener pour confirmer l'ensemble des prédictions découlant de la théorie retenue, mais celle-ci peut déjà servir à évaluer pratiquement la durée de vie d'un câble neuf. Le rapport final sera publié par l'EPRI en 1990.

Câbles et isolants

Oxydation dans les arborescences d'eau

L'origine et le mécanisme de croissance des défauts dans les câbles à isolation polymérique — défauts que l'on nomme arborescences en raison de leur forme qui rappelle celle des arbres — sont encore mal connus, bien que plusieurs théories aient été avancées. L'une d'elles soutient que l'oxydation du polyéthylène de l'isolation accélère la formation et la croissance des arbres. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris un projet de recherche fondamentale conjointement avec le service de génie électrique du Conseil national de la recherche du Canada.

Cette étude, financée par l'Electric Power Research Institute (EPRI), visait à déterminer hors de tout doute si des traces d'oxydation pouvaient être décelées dans les arbres d'eau que l'on trouve dans des câbles vieillis en service. L'analyse des résultats a démontré qu'on ne pouvait établir de lien entre, d'une part, la présence et le niveau d'oxydation et, d'autre part, la concentration ou la grosseur des arbres dans l'isolation des câbles. Pour appuyer ces conclusions, nous avons fait croître en laboratoire des arborescences dans des échantillons de polyéthylène préalablement oxydés. Nous avons pu confirmer que le niveau d'oxydation n'affectait pas de façon significative la croissance d'arbres. L'arborescence dans l'isolation des câbles à isolation extrudée n'est donc aucunement liée à leur vieillissement thermique.

Câbles et isolants

Ajout de modules au système PRD

Le logiciel PRD, dont la première version a été achevée en juin 1989, a fait l'objet de plusieurs améliorations au cours de l'année. Destiné à la planification des réseaux de distribution, ce logiciel a pour fonction d'aider les planificateurs de secteur à choisir les équipements nécessaires aux projets d'ajout ou d'amélioration du réseau. Dans un premier temps, il permet de déceler pour plusieurs années à venir les problèmes de surcharge et de chute de tension. Il permet ensuite, pour une année donnée, de produire automatiquement diverses configurations du réseau à partir de points de manœuvre choisis par le planificateur, et de procéder à leur analyse.

Les essais effectués dans quelques régions ont permis d'établir les ajouts qu'on pourrait apporter au système, et un nouveau projet a été lancé à cette fin. Ainsi, en plus d'apporter quelques améliorations aux fonctions actuelles, un module de calcul des courants de courts-circuits a été ajouté. Il est important de connaître les valeurs des courants de courts-circuits pour ajuster la protection ou pour répondre aux demandes de la clientèle.

La direction Distribution d'Hydro-Québec prévoit la mise en place de la nouvelle version du logiciel dans les diverses régions administratives au début de 1990. Une attention particulière sera apportée à la formation des planificateurs qui pourront faire appel à ce logiciel pour vérifier les critères de planification dans le cadre de la planification annuelle.

Méthodes numériques

Détermination par chromatographie gazeuse de pentachlorophénol dans des échantillons de bois provenant de poteaux de distribution.

DIFFUSION DU PENTACHLOROPHÉNOL DANS L'ENVIRONNEMENT

En collaboration avec la vice-présidence Environnement, un programme de recherche a été lancé en vue d'étudier les mécanismes de diffusion du pentachlorophénol (PCP) dans la nature. Le PCP est un élément actif qu'utilise Hydro-Québec pour la préservation des poteaux de bois du réseau de distribution. La recherche vise à déterminer la vitesse de diffusion du PCP dans l'environnement selon qu'elle s'effectue par migration dans le poteau, écoulement dans le sol, déperdition dans l'air, entraînement par la pluie et, enfin, par diffusion et dégradation dans le sol.

Entrepris à l'été 1989, le projet se poursuivra jusqu'en décembre 1992. Les résultats des essais permettront de valider un modèle de diffusion élaboré par la vice-présidence Environnement. Pour mener à terme ce projet, il aura été nécessaire de mettre au point ou d'adapter des techniques analytiques sophistiquées combinant, d'une part, la chromatographie gazeuse et l'analyse par activation neutronique et, d'autre part, la chromatographie liquide.

Chimie des matériaux

Les raccords aluminium-cuivre en environnement salin

Selon les résultats de plusieurs expériences et de nombreux rapports de défaillance en service, la fiabilité des connexions entre les diverses composantes des équipements électriques serait l'un des principaux problèmes des réseaux de transport et de distribution, particulièrement en milieux côtier et urbain. Les mécanismes de défaillance des raccords électriques sont complexes, et l'état actuel de nos connaissances ne nous permet pas de les comprendre entièrement. Le projet de recherche que nous avons entrepris pour l'Association canadienne de l'électricité vise à établir la relation entre, d'une part, les propriétés mécaniques, métallurgiques, électriques et tribologiques des raccords électriques aluminium-cuivre et, d'autre part, la stabilité des joints assemblés et du réseau dans son ensemble.

Nous avons d'abord évalué l'influence de ces propriétés ainsi que les effets corrosifs de l'environnement salin sur la performance des raccords électriques, dans des conditions de cyclage de courant normal et de surcharge. Des facteurs de corrélation seront établis entre la performance des raccords testés en laboratoire dans des conditions de dégradation accélérée et les mesures prises en réseau sur différents types de raccords en conditions de service normal. Nous prévoyons obtenir dans les deux cas des renseignements utiles sur la nature des mécanismes de dégradation des interfaces de contact. Les résultats obtenus au cours de ces premières étapes serviront à élaborer des guides d'installation, de contrôle et d'entretien.

Technologie des matériaux

Corrosion dans les chambres souterraines

Les équipements du réseau de distribution installés dans des chambres souterraines (transformateurs, sectionneurs, boîtes de fusibles, etc.) sont soumis à des conditions particulièrement propices à la corrosion. En vue d'analyser le phénomène et de proposer des solutions, divers travaux sont en cours à l'IREQ et, dans le cadre d'une entente contractuelle, à l'Université de Sherbrooke.

Deux approches ont été retenues à l'IREQ : le classement des matériaux selon leur vulnérabilité, et l'évaluation de la tenue des peintures utilisées ou proposées. La stabilité des matériaux est mise à l'épreuve dans des solutions et à des températures qui simulent les situations réelles. Une série galvanique de différents métaux a ainsi été déterminée. Pour leur part, les peintures sont évaluées en les immergeant dans des bains types à 25 °C et 45 °C. Elles sont également soumises à des tests d'impact afin de déterminer leur résistance mécanique. Ces essais ont permis de recommander un type de peinture pour les équipements de la région Saint-Laurent.

Les travaux menés au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke, par ailleurs, portent sur la compréhension des mécanismes de corrosion et de passivation de l'étain. Utilisé à grande échelle comme matériau de recouvrement du cuivre ou de l'acier, l'étain protège le métal de base contre la corrosion. Les essais sont réalisés en milieu tamponné à pH 8, en présence de bicarbonate ; on étudie notamment l'effet des chlorures, un agent agressif que l'on trouve dans les chambres souterraines.

Chimie des matériaux

Essais au laboratoire grande puissance

Une importante série d'essais ont été menés sur des parafoudres de distribution à oxyde de métal, d'une tension nominale de 21 kV, selon un programme d'essais assez complexe.

Le premier volet consistait en des essais de tenue au courant de décharge nominal, et comprenait les quatre étapes suivantes :

- injection de 20 décharges de courant impulsionnel de 10 kA crête et de forme d'onde 8/20 μs, à des intervalles de 60 s, avec application simultanée d'une tension de 21 kV, 60 Hz aux bornes des parafoudres ;
- envoi à intervalles de 60 s de deux décharges de 40 kA, 8/20 μs ;
- application durant 10 s d'une tension de 21 kV, 60 Hz ;
- enfin, application de la tension d'exploitation continue du parafoudre (MCOV), soit 17,6 kV, jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

Des essais de fonctionnement sécuritaire du dispositif limiteur de pression ont ensuite été réalisés pendant un arc interne. Ce dispositif sert à transférer l'arc produit par un emballement thermique à l'extérieur de l'enveloppe du parafoudre, de façon à éviter qu'une pression excessive n'entraîne la rupture explosive de l'enveloppe. Trois méthodes d'amorçage différentes ont été utilisées : avec un fil fusible à l'extérieur des blocs d'oxyde de métal, avec un fil fusible au centre des blocs et par emballement thermique.

L'amorçage par emballement thermique consiste à chauffer les blocs d'oxyde de métal en faisant circuler un courant inférieur à 100 mA, à l'aide d'une source de tension variable. Quand le parafoudre atteint la température requise (c'est-à-dire lorsqu'une tension d'environ 15 kV suffit à faire circuler de 25 à 100 mA, selon le type de parafoudre), la source de tension variable se trouve alors isolée ; quatre cycles plus tard, la source de puissance est appliquée. Cette dernière est ajustée pour fournir un courant d'arc interne de 8 kA eff. sym. durant 0,2 s, et un courant d'arc de 500 A durant 1 s.

Par ailleurs, afin de vérifier la résistance de l'enveloppe métallique de divers appareillages à la surpression interne et à de forts échauffements locaux causés par des arcs internes, nous avons effectué des essais d'une durée de 1 s à 15 kV, 35 kA eff. triphasé. L'une des méthodes utilisées consistait à placer des indicateurs de coton noir en face de tous les points d'où peuvent s'échapper les gaz (joints, regards, portes) ; le test était réussi si ces indicateurs ne s'enflammaient pas.

Laboratoire Grande puissance

Essais de coupure de charge capacitive sur un interrupteur submersible triphasé, effectués à la station Hayenne (section de laboratoire Grande puissance).

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ

De nombreux travaux ont été réalisés en 1989 par le Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE), dont le principal mandat consiste à mettre au point et à démontrer de nouveaux procédés industriels utilisant l'électricité comme source énergétique première. Soulignons en particulier la mise au point d'un tout nouveau système de chauffage à bi-énergie intégrée, la mise en place de prototypes de la pompe à chaleur à appoint non électrique (PACANE), le surfaçage de matériaux au moyen d'une torche à plasma de 150 kW, la fabrication d'éthylène glycol par électrosynthèse et l'électrocoagulation de la luzerne.

Le LTEE a aussi fait l'acquisition de plusieurs nouveaux appareils de séchage et de chauffage, lesquels lui permettront de répondre plus adéquatement encore à la demande des entreprises soucieuses de développer et d'utiliser de nouvelles électrotechnologies dans leurs procédés industriels.

ESSAIS ET DÉMONSTRATIONS DES PLASMAS À DES FINS INDUSTRIELLES

Divers essais de traitement de rebuts ont eu lieu cette année à l'usine pilote de plasmas du LTEE. Celle-ci compte plusieurs fours à plasmas de type Plasmacan, d'une puissance variant de 10 à 300 kW et pouvant fonctionner de façon continue. Une première série d'essais portait sur le traitement de rebuts métalliques sous forme pulvérulente, sans agglomération préalable. Les fours Plasmacan se sont révélés particulièrement efficaces pour ce type de traitement. D'autres essais préliminaires ont également eu lieu, cette fois sur la vitrification des cendres provenant des incinérateurs d'usines d'épuration des eaux ; ces essais ont été couronnés de succès.

Le réacteur chimique à haute température a lui aussi été utilisé avec succès ; il s'agissait dans ce cas de mettre au point des procédés de synthèse servant à la production en continu de produits chimiques par réaction et trempe, à des températures dépassant 1 500 °C. Notre partenaire industriel dans ce projet étudie présentement l'implantation de ces procédés. D'un volume utile de 1 m^3, le réacteur est muni d'une torche à plasma dont la puissance peut varier de 10 à 200 kW. D'autres études sont prévues sur des réactions se produisant à des températures de 1 000 à 2 000 °C.

Dans le cadre des travaux sur le perçage de trous de coulée des fours à arc, nous avons dû modifier la construction des torches afin qu'elles puissent résister aux très hautes températures des matériaux réfractaires en fusion. En effet, la torche doit pénétrer dans les trous, d'environ 6 cm de diamètre et 50 cm de profondeur, pour y faire fondre le matériau ; elle doit donc résister à la température ambiante dans le trou de coulée. Leur fiabilité est désormais suffisante pour que des essais en usine soient envisagés.

Installations du LTEE pour les travaux portant sur les plasmas utilisés à des fins industrielles.

L'une des unités mobiles de plasma a par ailleurs été transportée en usine afin d'y effectuer des essais de démonstration d'un procédé mis au point au LTEE. Les essais sur la chaîne de production ont confirmé que le traitement par plasma de la surface du matériau est plus rapide qu'avec la technologie classique présentement utilisée ; en outre, contrairement à cette dernière, le procédé au plasma ne nécessite pas de prétraitement. L'avantage de la torche à plasma réside dans la température plus élevée des gaz qu'elle produit comparativement à une torche à combustible, provoquant ainsi un choc thermique plus intense à la surface du matériau.

Enfin, en collaboration avec l'université McGill, nous avons mené une étude très poussée de l'érosion des torches à plasma. Les résultats obtenus, qui ont fait l'objet de plusieurs publications, démontrent l'effet de la vitesse de l'arc et de la densité de courant sur le taux d'érosion. La vitesse de l'arc a pu être augmentée par dopage de l'électrode, tandis que la densité de courant a été réduite par le choix d'un gaz ambiant approprié. Une nouvelle technique de mesure a aussi été mise au point afin d'obtenir les distributions de courant dans le pied d'arc d'une torche en fonctionnement. Tous ces essais ont été réalisés à courant réduit (100 A) à l'université McGill ; d'autres essais seront réalisés à des courants supérieurs (1,5 kA) à l'aide des installations d'essais du LTEE.

Plasmas industriels

ÉLECTROCOAGULATION DE LA LUZERNE

Des essais d'électrocoagulation des protéines blanches par un procédé d'électrodialyse ont été menés dans le cadre d'un projet de mise en valeur de la luzerne. Lancé par le Centre de déshydratation Nord-Sud (CDNS), en collaboration avec la Société de développement agro-alimentaire de la Mauricie (SODAM), le projet a bénéficié de l'expertise du LTEE et du Centre de recherche et développement alimentaires de Saint-Hyacinthe (CRDA) Ces essais — qui constituaient à notre connaissance une première mondiale — ont été couronnés de succès.

Le CDNS travaille présentement à la mise en forme et à la déshydratation de la luzerne aux fins de l'alimentation animale. L'entreprise entend ainsi valoriser les sous-produits de la liqueur verte issue du pressage, et notamment de la protéine blanche qu'elle contient. Le prix de vente élevé de cette protéine (2 500 $/t), qui peut servir à la consommation humaine, représenterait une haute valeur ajoutée par rapport au coût de conversion.

De son côté, le CRDA étudie en laboratoire, depuis deux ans, l'extraction et la purification des protéines. À ce chapitre, nous avons été invités à participer à la mise au point d'un procédé de coagulation de la protéine blanche. Les procédés classiques employés pour la coagulation industrielle des protéines alimentaires (caséine, isolats de protéine de soja) consistent à ajouter une solution acide à la solution de protéine, jusqu'à l'obtention du point isoélectrique (pH 4,5). Bien que ce procédé soit aussi applicable au jus de luzerne, la protéine blanche qu'il contient est très sensible aux doses excessives d'acide auxquelles elle est soumise au cours du procédé.

L'électrocoagulation est envisagée comme méthode alternative parce qu'elle permet un traitement en douceur, moins susceptible de dénaturer la matière protéinique. Le procédé que nous avons expérimenté consiste à traiter par électrodialyse la liqueur brune, laquelle contient environ 2 % en poids de protéine et 0,15 g de sel par litre (exprimé en équivalent de KCl).

Lorsque la tension entre les électrodes du module est suffisamment élevée, il se produit une acidification de la liqueur de luzerne, laquelle peut être contrôlée. Le procédé d'électrodialyse permet donc non seulement de créer un milieu acide propice à la coagulation de la protéine, mais également d'en extraire les sels, autre étape essentielle du procédé global d'extraction et de purification de la protéine blanche.

Ces essais préliminaires ont été réalisés en mode semi-continu, à l'aide de cellules électrochimiques MP de type filtre-presse. Un projet d'optimisation du procédé sera lancé en 1990 par suite des résultats positifs que nous avons obtenus.

Chimie et Électrochimie industrielles

ÉLECTROSYNTHÈSE ORGANIQUE

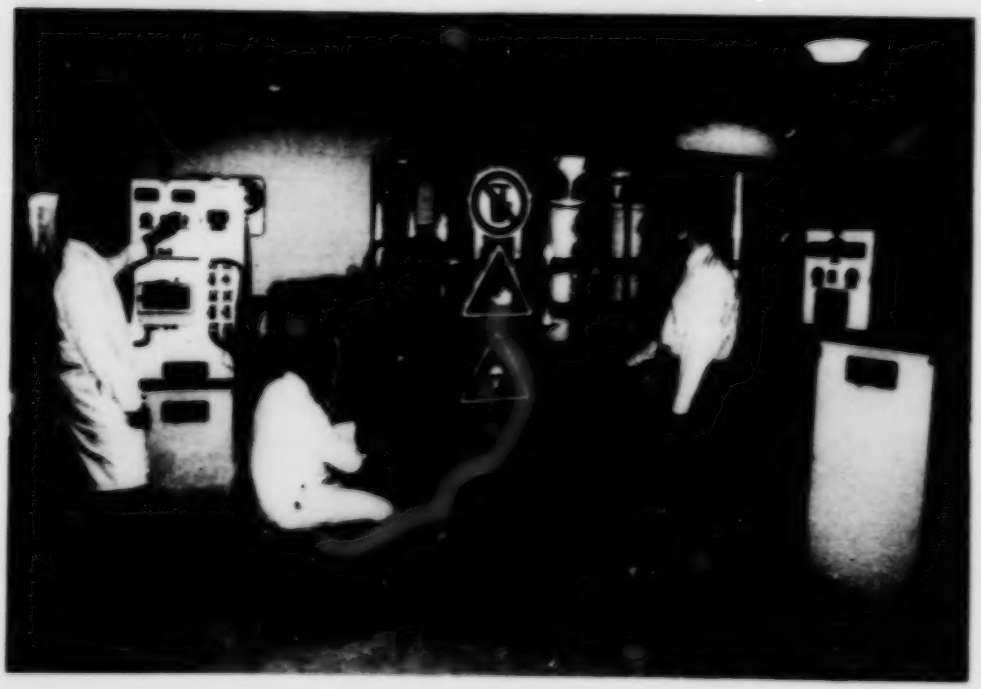
En collaboration avec la vice-présidence Marchés industriels et différents partenaires de l'industrie, nous avons lancé un programme d'une durée de trois ans visant à mettre au point et à commercialiser un procédé de fabrication d'éthylène glycol et d'acide téréphtalique. Ce projet fait suite à des études de prospectives technologiques et de marché sur le potentiel d'utilisation de l'électricité dans la synthèse de produits chimiques d'intérêt commercial.

La première phase du programme a pour objectif de valider, sur des bancs d'essais de prépilotage, les résultats obtenus en laboratoire. Ces bancs sont équipés de cellules électrochimiques commerciales de type filtres-presses dont les surfaces d'électrodes sont de 100 et 400 cm^2, et qui permettent d'atteindre une densité de courant de l'ordre de 5 kA/m^2. Les essais permettront également de déterminer, tant sur le plan technique qu'économique, les paramètres et les conditions optimales de fonctionnement des procédés ; des essais d'endurance permettront en outre de fixer le choix des matériaux de construction.

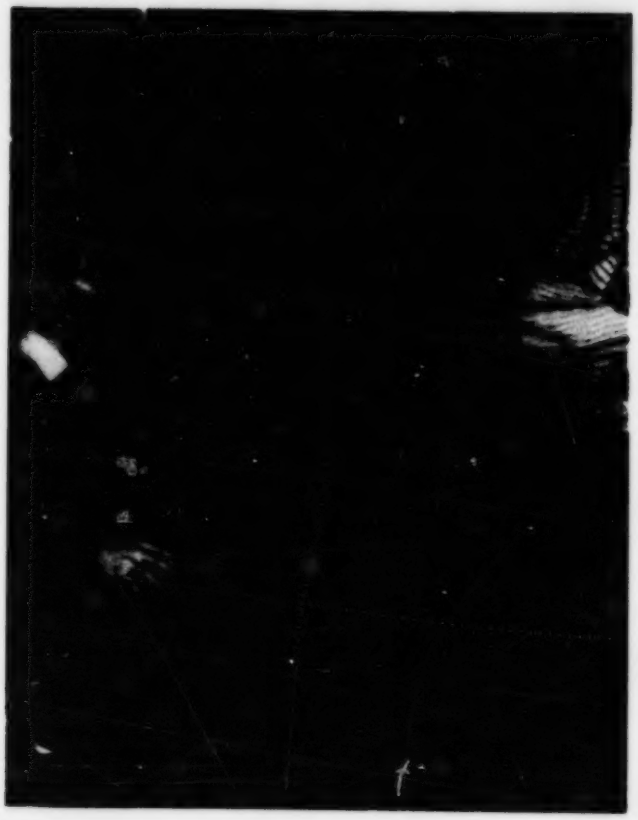
Les essais de prépilotage réalisés en 1989 ont, pour la première fois, confirmé à l'échelle industrielle les résultats obtenus en laboratoire ; ils ont aussi permis d'apporter des améliorations appréciables à la technologie. Ainsi, dans certains cas, on a atteint une efficacité de courant supérieure à 90 % tandis que le temps de résidence des réactifs dans le réacteur électrochimique a été réduit par un facteur de trois.

Cette première phase sera suivie d'un programme de pilotage sur un banc d'essais semi-industriel d'une capacité de 5 kg/h dont la construction est en cours ; celui-ci sera équipé de cellules électrochimiques ayant une surface d'électrode de 4 000 cm^2. Parallèlement, les études économiques et commerciales seront régulièrement mises à jour afin de s'assurer que le procédé électrochimique conserve ses avantages concurrentiels par rapport aux procédés classiques.

Chimie et Électrochimie industrielles



Validation d'un procédé industriel d'électrosynthèse pour la production d'éthylène glycol.



Quarante-huit prototypes du système de chauffage à bi-énergie intégrée, mis au point au LTEE, ont été installés chez des clients à des fins d'évaluation.

MISE AU POINT D'UN SYSTÈME DE CHAUFFAGE À BI-ÉNERGIE INTÉGRÉE

Le programme de chauffage résidentiel bi-énergie visait à l'origine à accroître les ventes d'électricité sans entraîner d'augmentation de la charge de pointe. Cet objectif a été atteint, et les aspects techniques et commerciaux du programme sont aujourd'hui assez bien maîtrisés, comme en témoigne la satisfaction exprimée par nos clients.

Il existe cependant un risque d'effritement du parc actuel de systèmes bi-énergie. En effet, en remplacement de leur chaudière au mazout, les clients ont tendance à adopter un système tout électrique plutôt que de recourir à la nouvelle tarification bi-énergie. Afin de freiner cette tendance, des efforts importants ont été consacrés à la mise au point d'un système de chauffage à bi-énergie intégrée de haute qualité.

Nous avons donc mis au point de nouvelles unités de chauffage dans lesquelles les deux modes, mazout et électricité, sont intégrés en usine, de manière à en simplifier les composantes et le fonctionnement. La fonction d'auto-relève, qui effectue le transfert d'un mode à l'autre en cas de panne, permet d'assurer une plus grande disponibilité du chauffage. Grâce à un système de contrôle mieux adapté, le système offre un confort accru quel que soit le mode retenu et la température extérieure.

Un total de 48 prototypes ont été construits par la firme Dettson et Les Industries FP, et ont été installés à l'automne 1989 chez des clients d'Hydro-Québec de la région Mauricie. Le but de ces essais, qui s'échelonneront sur deux ans, est non seulement de vérifier la fiabilité du nouveau concept, mais aussi de recueillir les commentaires de la clientèle ainsi que ceux des installateurs. Nous pourrons ainsi déterminer plus précisément les critères de conception et les caractéristiques des systèmes de chauffage à bi-énergie intégrée de demain. Hydro-Québec sera donc en mesure d'offrir à sa clientèle un produit de qualité tout en conservant, voire en augmentant, son parc bi-énergie résidentiel.

Électrotechnologies industrielles

POMPE À CHALEUR À APPOINT NON ÉLECTRIQUE

Afin de réduire la demande énergétique en période de pointe dans les systèmes de chauffage utilisant une pompe à chaleur et des éléments électriques comme appoint, le groupe Marchés québécois a donné au LTEE le mandat de mettre au point une pompe à chaleur à appoint non électrique (PACANE).

Parmi les principales caractéristiques de la nouvelle pompe à chaleur, mentionnons la vitesse variable du compresseur, qui permet de moduler la demande de chauffage ; l'utilisation d'un deuxième échangeur de chaleur à l'extérieur, qui récupère l'énergie de combustion du propane en mode d'appoint ; et le recours à la micro-informatique, qui permet d'assurer une gestion optimale de l'équipement selon les besoins énergétiques. Ces trois caractéristiques se traduisent par un rendement supérieur à ceux qu'on observe actuellement sur le marché.

Deux constructeurs, Maxtemp Thermo Comfort et Les Industries FP, ont été chargés de réaliser ce modèle de pompe à chaleur. Une vingtaine de clients de la région de Trois-Rivières ont ensuite été choisis en vue de tester les caractéristiques du modèle dans des conditions normales d'exploitation. Le programme d'essais, qui prendra fin en juin 1990, fournira les paramètres nécessaires à l'élaboration des programmes commerciaux relatifs à l'utilisation de ce nouveau modèle de pompe à chaleur.

Électrotechnologies industrielles

TRAVAUX POUR L'INDUSTRIE

Au cours de l'année, le personnel du LTEE a apporté un soutien technique aux ingénieurs en électrotechnologies des régions ainsi qu'aux attachés commerciaux du groupe Marchés québécois en vue d'évaluer différents procédés industriels. L'objectif était d'améliorer ces procédés tant sur le plan de la consommation énergétique que sur celui de la qualité du produit fini.

Dans le domaine des matériaux granulaires, le séchoir-convoyeur à infrarouge a été mis à contribution pour déterminer les paramètres de séchage de matériaux aussi variés que la marne silteuse, le calcite, le calcaire, l'ilmenite, etc.

Par ailleurs, de nombreuses études soutenues par des essais en laboratoire ont été réalisées dans divers domaines d'application. Parmi celles-ci, mentionnons la fusion par induction à hautes fréquences de fines de ferro-alliage ; le chauffage de rouleaux de calandre par induction sur la machine à papier du laboratoire Paprican ; la conception et la fabrication d'un pasteurisateur à induction pour le traitement du lait ; la pyrolyse hertzienne du caoutchouc ; le séchage par micro-ondes des traversées de transformateurs ; et la stérilisation par micro-ondes du linge d'hôpital.

Électrotechnologies industrielles

NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS AU LTEE

Le LTEE s'est enrichi au cours de l'année de plusieurs nouveaux équipements. Ainsi, nous nous sommes dotés d'un chauffe-fluide/évaporateur à induction qui sera mis à l'essai pour le compte d'Hydro-Québec et de ses clients industriels.

D'une puissance de 75 kW, cet appareil est alimenté par une source de 600 V triphasée. Il est monté sur un chariot avec tout l'équipement connexe requis de façon à pouvoir être déplacé facilement lors des essais en usine. Le débit du fluide à chauffer peut atteindre 15 l/min en phase liquide ; la pression et la température d'exploitation maximales sont respectivement de 1 350 kPa et 200 °C. Un micro-processeur assure la commande du procédé et permet de faire l'acquisition des données nécessaire pour en établir le bilan énergétique et thermique. Toutes les parties en contact avec le liquide sont constituées de matériaux inoxydables, ce qui permettra de valider l'appareil avec une grande variété de liquides.

Le chauffe-fluide/évaporateur offre une solution de rechange aux résistances électriques pour le chauffage des liquides en général, et particulièrement des liquides thermosensibles. La puissance appliquée à l'échangeur de chaleur est transférée au moyen d'un champ magnétique. Cette technique assure la répartition uniforme de la puissance sur toute la surface de l'échangeur. Grâce à cet avantage, ainsi qu'à un temps de réponse très rapide aux changements de consigne, la technologie mise au point devrait connaître une bonne percée dans l'industrie.

Parmi les autres équipements, mentionnons deux fours, l'un de 6 kW et l'autre de 2,5 kW ; un four infrarouge à haute température, pouvant atteindre le cap des 1 750 °C ; une chambre environnementale permettant un contrôle parfait des conditions d'essais ; un chauffe-fluide de 100 kW ; et un pasteurisateur conçu en collaboration avec l'Université Laval.

Électrotechnologies industrielles

MATÉRIAUX, TECHNIQUES D'ESSAIS ET APPAREILS DE MESURE

Nos travaux de mise au point d'une sonde de détection d'isolateurs perforés sur les lignes à haute tension ont mené cette année à la production d'un prototype commercial. En ce qui a trait au programme d'essais des câbles HTCC, nous avons mis au point un système de mesure de la température sous tension. Nous avons aussi travaillé à la conception d'un analyseur de courant de fuite à la surface des isolateurs, tandis que le séchage de traversées par micro-ondes a fait l'objet d'un projet conjoint de recherche-développement avec l'École Polytechnique de Montréal.

Nous nous sommes également intéressés à la mise au point de techniques de détection et de dosage du méthyl-mercure dans l'eau des réservoirs hydro-électriques. Nous avons mis au point des shunts pour les essais d'alternateurs en centrale ainsi qu'un système d'acquisition de données ultra-rapide. Enfin, nous avons poursuivi nos travaux d'expertise sur les huiles isolantes utilisées dans l'appareillage.

SONDE DE DÉTECTION D'ISOLATEURS PERFORÉS SUR LES LIGNES DE TRANSPORT

Un premier prototype commercial de la sonde de détection d'isolateurs perforés sur les lignes de transport électrique, conçu et mis au point dans nos laboratoires, a été fabriqué par la société Positron. Ce prototype a été construit en tenant compte des contraintes d'exploitation, telles que spécifiées par la direction Appareillage, et les essais en réseau seront terminés sous peu.

Un prototype commercial de la sonde de détection des isolateurs perforés a été mis au point cette année en collaboration avec la société Positron.

Pour détecter la présence d'éléments perforés, l'appareil mesure le champ électrique local le long des chaînes d'isolateurs de suspension en porcelaine à capot et tige, et enregistre toute variation ; le champ local tend en effet à diminuer sensiblement à proximité des éléments défectueux. Le prototype commercial construit par Positron a été amélioré par rapport au premier appareil mis au point à l'IREQ en ceci que toutes les composantes électroniques sont regroupées dans la sonde. Le prototype de laboratoire était quant à lui divisé en deux parties, dont l'une devait être placée sur le sol au pied du pylône ; un lien de transmission à fréquence modulée devait alors être utilisé pour transmettre les données enregistrées à l'unité au sol.

Si les essais du nouveau prototype sont concluants, Hydro-Québec fera l'acquisition de plusieurs unités afin d'en munir toutes les équipes de monteurs qui travaillent à la vérification des isolateurs en porcelaine sur les lignes de transport.

Deux brevets ont été accordés à l'appareil : l'un aux États-Unis, le 26 juillet 1988, et un autre au Canada, le 26 septembre 1989.

Mesure et Informatique

TRAVAUX SUR LES HUILES ISOLANTES

Par suite des défectuosités majeures survenues sur les transformateurs de puissance de la centrale de La Grande 4, la région La Grande et la direction Appareillage ont fait appel à notre expertise en matière de caractérisation des propriétés des huiles isolantes. Afin d'évaluer la qualité de l'isolation des transformateurs, nous avons procédé à l'analyse des huiles isolantes et à l'interprétation des résultats des analyses de gaz dissous.

L'analyse des huiles isolantes par ferrographie a permis de déceler la présence de fines particules d'aluminium résultant d'une abrasion mécanique à l'intérieur des refroidisseurs d'huile. L'interprétation des résultats des analyses de gaz dissous a, quant à elle, permis de diagnostiquer un point chaud qui, après inspection, s'est révélé être un échauffement anormal des raccords basse tension.

Câbles et Isolants

ANALYSEUR DE COURANT DE FUITE

Nous avons terminé cette année la mise au point d'un analyseur de courant de fuite. Cet appareil, qui mesure le courant circulant à la surface des isolateurs, permet d'évaluer la performance des équipements (isolateurs, parafoudres, traversées, etc.) exposés à la contamination en milieu naturel. À toutes les secondes, l'analyseur mesure le courant de crête, la tension et la température, et détermine s'il y a eu contournement. L'analyseur est monté dans un cabinet d'acier blindé, isolé thermiquement, chauffé et climatisé.

L'appareil comporte six cartes de type « STD bus ». Il est constitué d'un PC sans écran, clavier ou lecteur de disque rotatif. Les disques souples ou rigides ont été remplacés par des disques électroniques, et l'analyseur communique avec l'utilisateur par le biais d'un lien RS-232 ou d'un modem. La résolution du convertisseur analogique/numérique est de 12 bits. Une carte contient en outre les circuits analogiques de mesure (détecteurs de courant de crête, convertisseur tension efficace/c.c., amplificateurs pour mesure de température).

L'appareil utilise le système d'exploitation DOS 3.3. Conçu en langage BASIC (version QuickBasic 4.5), le logiciel contrôle l'acquisition, le traitement et le stockage des données, la communication à distance par modem avec l'utilisateur et le transfert des données sous forme de tableaux. Les données (courants de crêtes, histogrammes, etc.) sont stockées dans des fichiers et peuvent être présentées sous forme de tableaux journaliers, mensuels ou annuels. Le format de présentation des données permet au tableur Lotus d'importer les fichiers pour la création de graphiques.

Ces travaux ont été réalisés pour le compte de la Commission d'énergie de la Nouvelle-Écosse dans le cadre d'un contrat avec l'Association canadienne de l'électricité.

Lignes aériennes

SÉCHAGE DE TRAVERSÉES PAR MICRO-ONDES

Les traversées utilisées dans les équipements à haute tension sont constituées d'un conducteur enveloppé de papier isolant en couches multiples ; cet isolant ainsi qu'une partie du conducteur sont logés dans une enveloppe cylindrique de céramique, hermétiquement fermée et remplie d'huile. En période d'exploitation, l'humidité peut s'infiltrer à l'intérieur de la traversée par des fissures, par les joints de l'enveloppe ou par dégradation de l'isolation, causant ainsi une dégradation des propriétés diélectriques de l'isolation papier-huile. Les traversées doivent alors être démontées et transportées en atelier afin d'y être séchées. Or le procédé de séchage que l'on utilise actuellement est long et coûteux.

Afin de réduire les coûts et le temps de séchage des traversées, nous avons conçu un dispositif à micro-ondes rapide et efficace, en collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal. Ce dispositif permet de chauffer l'eau infiltrée dans l'isolation et de la transformer en vapeur d'eau, laquelle est extraite à son tour au moyen d'une pompe à vide et d'un système de condensation. Les essais du nouveau procédé se sont révélés concluants.

Fait à noter, bien que le dispositif ait été spécialement conçu en fonction des traversées à 120 kV, cette technologie peut s'appliquer également à toutes les traversées d'une tension inférieure à 120 kV.

Câbles et Isolants

NOUVEAUX SHUNTS DE 25 MICROOHMS POUR LES ESSAIS D'ALTERNATEURS EN CENTRALE

À la demande du service Essais et Expertises techniques de la région Maisonneuve, nous avons conçu et réalisé des shunts coaxiaux de 25 microohms qui seront utilisés pour des essais de courts-circuits sur des alternateurs en centrale. Ces shunts permettront de mesurer un courant de court-circuit de 70 kA pendant 2 s, avec un taux de précision de 0,5 %. Ils ont été conçus de manière à résister aux efforts électromécaniques associés à un courant de crête de 200 kA.

Grâce à une technique de compensation parabolique mise au point à l'IREQ, nous avons réussi à obtenir un temps de montée de 5 μs. Cette technique assure un gain de 20 fois supérieur à celui d'un shunt non compensé et ce, sans augmenter de façon significative les coûts de production. Les shunts ont été fabriqués par les Services techniques de l'IREQ, en collaboration avec le service Électronique, tandis que les essais de court-circuit et de réponse à l'échelon ont été effectués au laboratoire Grande puissance.

Mesure et Informatique

Dispositif à micro-ondes pour le séchage de traversées à 120 kV.

DÉTECTION DU MÉTHYL-MERCURE DANS LES RÉSERVOIRS HYDRO-ÉLECTRIQUES

Nous avons entrepris de mettre au point une technique permettant de déceler et de doser rapidement et à peu de frais le méthyl-mercure dans les réservoirs hydroélectriques. Le mercure inorganique que l'on retrouve à l'état naturel dans l'environnement est généralement lié à des particules en suspension ou se trouve dans des sédiments. Lors de la formation d'un réservoir hydroélectrique, l'action bactériologique transforme le mercure inorganique en un dérivé toxique, le méthyl-mercure. Ce dernier, dont la concentration s'accroît au fil de la chaîne alimentaire, présente un danger pour la santé.

L'étude, qui a démarré au début de l'automne, comporte deux volets qui seront menés simultanément sur une période de deux ans. Le premier volet consiste à mettre au point une méthode d'analyse électrochimique rapide et fiable à partir d'un échantillon de faible volume (quelques millilitres). On cherchera dans un premier temps à optimiser les conditions physicochimiques des échantillons : pH, température, nature et force ionique de l'électrolyte de support, etc. La seconde étape du volet électrochimique sera la mise au point de la technique électroanalytique elle-même, où la substance présente dans l'échantillon sera d'abord absorbée à la surface d'un détecteur, pour ensuite être dosée. La mise au point de cette technique comprendra l'étude de différents agents complexants ainsi que des principaux interférents naturels présents dans l'environnement. La technique électroanalytique devra être rapide (moins d'une heure), peu coûteuse et réalisable sur le terrain. Enfin, la méthode d'analyse sera appliquée à l'analyse du méthyl-mercure et du mercure inorganique.

Le second volet de l'étude, mené en collaboration avec l'Université de Montréal, vise à améliorer les techniques de détection chromatographiques existantes. Cette méthode consiste à séparer l'élément que l'on cherche à détecter des autres produits présents dans l'échantillon. Déjà, on a déterminé que la détection par émission atomique à plasma présentait certains avantages par rapport à la détection par capture d'électron. Bien que les deux techniques aient à peu près la même sensibilité, la première permet de détecter les atomes de mercure de façon spécifique, alors que la seconde détecte tous les composés chlorés ; ceux-ci étant présents en très grand nombre dans la nature, ils peuvent interférer avec l'analyse.

Chimie des matériaux

MISE AU POINT D'UN SYSTÈME D'ACQUISITION DE DONNÉES ULTRA-RAPIDE

Afin de répondre aux besoins des divers services de recherche du groupe TAI, nous avons mis au point un nouveau système d'acquisition de données ultra-rapide de grande capacité. Ce système fait appel à un ordinateur SUN 4 et à des cartes mémoires de 16 Mo, ainsi qu'à une interface qui assure la gestion de la mémoire.

L'interface, qui reçoit les données en provenance d'un convertisseur et les transmet à la mémoire, permet d'utiliser celle-ci à la manière d'une bande sans fin : lorsque la mémoire est pleine, l'écriture des données reprend au début, et ce jusqu'à ce qu'un signal d'amorce extérieur lui parvienne. On peut ainsi conserver un certain nombre de données avant et après le phénomène étudié (par exemple, l'ouverture ou la fermeture d'un disjoncteur). La mémoire peut contenir au total 8 millions d'échantillons, recueillis au rythme d'un million par seconde.

L'avantage de cette technique est qu'elle n'exige aucun transfert de données. On peut donc lire celles-ci directement à partir d'un poste de travail.

Nous avons également mis au point une carte dont la fonction est d'assurer la gestion des mémoires. On peut ainsi diviser la mémoire en un certain nombre de segments (jusqu'à 1 000) afin de recueillir des données sur une série de phénomènes consécutifs. Cette carte permet aussi de déterminer le nombre de données à garder en mémoire avant et après le signal déclencheur.

Le système destiné au service Essais et Expertises techniques de la région Maisonneuve — qui étudie des phénomènes en temps réel sur le réseau — est doté d'une capacité d'acquisition de 10 millions d'échantillons à la seconde. Pour atteindre cette capacité, on a placé en parallèle 10 cartes d'interface et 10 cartes mémoires. Un circuit intégré placé en aval des interfaces joue le rôle de répartiteur.

Deux autres unités du groupe TAI se sont munies d'un système semblable, quoique d'une architecture légèrement différente. Au laboratoire Grande puissance, on utilise 32 interfaces et autant de cartes mémoires, pour un total de 32 millions d'échantillons par seconde. Au service Études de réseaux, on a recours à une unité d'acquisition multiplexée Preston d'une capacité de 128 canaux, mais à un seul ensemble interface-mémoire. Le laboratoire Haute tension devrait lui aussi se doter prochainement d'un système similaire.

Mesure et Informatique

Un nouveau système utilisant un faisceau lumineux infrarouge a été mis au point pour la mesure de la température au cours des essais de câbles à haute tension.

SYSTÈME DE MESURE DE LA TEMPÉRATURE SOUS TENSION

En vue des essais de vieillissement qui seront réalisés à l'aire d'essais de câbles souterrains du laboratoire Haute tension, un système de mesure de la température interne des conducteurs a été mis au point. Les essais, qui dureront plusieurs mois, consistent à soumettre trois prototypes de câbles à une tension d'environ 600 kV c.c. et à un courant de l'ordre de 1 kA. Le tout se déroulera dans des conditions climatiques extrêmes (de –40 °C à 35 °C), tandis que les mesures à effectuer se situent dans une plage de 0 °C à 100 °C.

L'une des difficultés était de choisir un moyen efficace pour transmettre au sol l'information recueillie. La solution retenue consiste à utiliser un lien optique dans la bande infrarouge. Ce système présente l'avantage de ne pas affecter l'isolation électrique de l'objet d'essai, tout en étant immunisé naturellement contre les perturbations électromagnétiques.

La mesure de la température se fait par une dizaine de sondes de type thermocouple réparties tout au long des conducteurs, à l'intérieur du canal d'huile central. L'information est recueillie par une unité d'acquisition multicanal placée près du sommet de l'isolateur, dans un caisson blindé, et alimentée par des panneaux solaires. Les données sont ensuite transmises par infrarouge à des récepteurs situés à l'intérieur du bâtiment de commande, puis à chacun des micro-ordinateurs de contrôle. La température de chacun des prototypes est mesurée à toutes les minutes, avec une précision de ± 1 °C.

Mesure et Informatique

PROJETS DE DÉVELOPPEMENT

En vertu d'une entente entre le gouvernement du Québec et la Commission des communautés européennes, Hydro-Québec a entrepris une étude de faisabilité portant sur la production, le transport intercontinental et l'utilisation d'hydrogène électrolytique produit au Québec. Dans le domaine des accumulateurs à électrolyte polymère (ACEP), nous continuons nos travaux d'optimisation des performances des piles ; les négociations se poursuivent en vue de former une coentreprise de recherche-développement et de commercialisation de cette technologie.

Nos spécialistes ont poursuivi par ailleurs la mise en place du système CED-Micro portant sur l'automatisation des fonctions de gestion de réseau dans les centres d'exploitation de distribution (CED) au moyen de micro-ordinateurs. La mise au point et l'implantation de systèmes experts se poursuivent activement. Enfin, nous avons mis au point un prototype de laboratoire pour le traitement de la fibrose kystique.

PROJET EURO-QUÉBÉCOIS DE TRANSPORT INTER-CONTINENTAL D'HYDROGÈNE

La Commission des communautés européennes et le gouvernement du Québec se sont engagés conjointement dans une étude de faisabilité portant sur le transport intercontinental d'énergie sous forme d'hydrogène. Hydro-Québec, qui a reçu le mandat de gérer le volet québécois du projet, s'est associée à la firme allemande Ludwig-Bölkow-Stiftung (LBS), responsable de sa contrepartie européenne. Une vingtaine de partenaires industriels participent au projet, tant sur le plan financier que sur celui de l'expertise technique.

Photo : Air Liquide Canada

Dotée d'un budget de 4,2 millions de dollars, l'étude porte sur l'évaluation technique et économique d'un cycle complet, soit la production, le transport et l'utilisation de l'hydrogène. Selon le scénario envisagé, une usine d'électrolyse de 100 MW serait construite à Sept-Îles. L'hydrogène serait ensuite transporté par bateau jusqu'au centre européen de réception et de mise en marché, situé à Hambourg.

En ce qui a trait au transport du combustible lui-même, deux options font l'objet d'une étude détaillée, soit le vecteur hydrogène liquide et le vecteur toluène-méthylcyclohexane. Deux autres sont évalués sommairement aux fins de comparaison, soit les vecteurs ammoniac et hydrure métallique. Au chapitre de l'utilisation, il est question d'alimenter en hydrogène liquide des appareils Airbus ainsi que des autobus des groupes LBS et Benz. La société Daimler-Benz a d'ailleurs mis au point un moteur expérimental à l'hydrogène en collaboration avec la firme BMW.

Électrolyseurs à l'usine d'Hydrogénik de Boucherville.

Bien que cette forme d'énergie ne soit pas concurrentielle à court terme — son coût est évalué actuellement au double de celui des combustibles courants —, elle présente de nombreux avantages qui pourraient en faire l'énergie de l'avenir. En effet, l'hydrogène est moins polluant que les hydrocarbures ; il s'agit en outre d'un combustible renouvelable qui peut être produit à partir d'une ressource elle aussi renouvelable, l'hydroélectricité. L'abondance de cette ressource ainsi que l'expertise du Québec en matière d'électrolyse lui procurent ainsi une possibilité unique de devenir un leader mondial dans ce domaine.

Le rapport final de l'étude de faisabilité, qui recommandera la poursuite ou le report de la phase pilote du projet, sera produit au milieu de 1991.

Projets de développement

MISE AU POINT ET COMMERCIALISATION DES ACCUMULATEURS ACEP

Les travaux de recherche-développement sur les accumulateurs à électrolytes polymères (ACEP) se sont poursuivis activement en 1989, parallèlement aux efforts de commercialisation de cette technologie. Ainsi, le service Chimie des matériaux de l'IREQ a continué ses recherches visant à optimiser les performances des piles à basses températures ; de son côté, le service Chimie et Électrochimie industrielles du LTEE, en collaboration avec des firmes locales d'ingénierie, a entrepris des travaux de développement commercial d'un procédé de fabrication de films minces de lithium.

Par ailleurs, les négociations en vue de former une coentreprise de recherche-développement et de commercialisation de cette technologie avec un partenaire industriel en sont à un stade avancé et devraient conduire à un accord en 1990. À court terme, cette coentreprise aura pour objectif de commercialiser les petits accumulateurs ACEP ; à plus long terme, elle aura pour mission d'assurer la mise au point et la démonstration des gros accumulateurs ACEP destinés à la propulsion électrique. Les recherches se poursuivent sur ce type d'accumulateur en vue de résoudre les problèmes liés aux matériaux qui limitent leur durée de vie.

Projets de développement

Mise au point d'un appareil pour le traitement de la fibrose kystique

En collaboration avec des chercheurs de Bell Canada, nous avons mis au point un nouvel appareil pour le traitement de la fibrose kystique. Grâce à un support articulé, les personnes atteintes pourront s'administrer elles-mêmes les traitements requis et jouir ainsi d'une plus grande autonomie.

La fibrose kystique est une affection qui attaque les voies respiratoires ; en provoquant une accumulation de mucus dans les bronches, elle favorise la production de bactéries, entraînant ainsi un risque d'infection très élevé. Pour dégager les lobes pulmonaires et soulager le patient, on a recours à une technique appelée drainage postural. L'application de cette technique exige le recours à des appareils généralement lourds et bruyants, et d'une efficacité parfois discutable. En outre, ils ne peuvent être actionnés facilement par le patient.

À la demande de l'Association québécoise de la fibrose kystique, nous nous sommes employés à mettre au point un appareil peu coûteux et facile d'utilisation. La robotique ayant été rejetée en raison de son coût trop élevé et du manque de garanties en matière de sécurité, on a eu recours à des techniques éprouvées pour mettre au point un bras articulé auquel on peut adapter certains appareils à percussion, et qui permet au patient de s'administrer lui-même le traitement. Le prototype mis au point en laboratoire a été testé avec succès par des personnes atteintes de la maladie, et l'apprentissage s'est révélé très rapide.

Nous avons ensuite mis au point un prototype qui associe la vibration et la percussion. Il permet de doser à volonté chacun des mouvements tout en offrant une réduction substantielle du niveau de bruit.

Le projet en est actuellement à sa phase finale. Des démarches ont été entreprises en vue de la fabrication des prototypes industriels et de la mise en marché.

Électronique

Robot télémanipulateur pour le réseau de distribution

À la demande de la vice-présidence Production, Transport et Distribution, un projet a été lancé en vue de produire d'ici le début de 1991 un premier prototype de télémanipulateur destiné à l'entretien du réseau de distribution. Dans un premier temps, la société CAE Électronique agira à titre de consultant afin d'évaluer différents concepts et de choisir celui qui offre le plus grand potentiel technique, économique et commercial. Divers fournisseurs reconnus pour la qualité de leurs produits seront consultés à cette étape du projet.

Une fois le concept défini, nous procéderons à la mise au point et à la démonstration du prototype. Le système de télémanipulation devra comprendre un poste de commande en nacelle et deux bras articulés permettant d'exécuter la plupart des tâches qu'exige l'entretien du réseau.

Projets de développement

Les chercheurs de Bell Canada et ceux du groupe IRI ont mis au point un appareil prototype pour le traitement de la fibrose kystique.

La mise en place de systèmes d'automatisation des centres d'exploitation de distribution au moyen de micro-ordinateurs, le CED-Micro, s'est poursuivie cette année. Une étude de faisabilité ainsi qu'un prototype ont été réalisés pour le compte de la ville de Los Angeles.

PROJET CED-MICRO

Amorcée en 1988, la mise en place de logiciels permettant l'automatisation des fonctions de gestion du réseau s'est poursuivie cette année au centre d'exploitation de distribution (CED) Saint-Laurent. Les logiciels de gestion des autorisations et des restrictions, ainsi que ceux destinés à la préparation des plans de manœuvre, y sont maintenant intégrés. La numérisation des lignes à moyenne tension des secteurs nord et sud a été entreprise.

Nous avons également acquis des équipements et mis au point des logiciels en vue d'effectuer les travaux suivants :

- installation de terminaux dans les camions afin de permettre aux équipes de communiquer avec le CED automatisé ;
- constitution d'une mosaïque de gestion du réseau donnant accès instantanément à une vue synthétique de l'état du réseau.

En vertu d'ententes conclues avec divers utilisateurs de l'entreprise et de l'extérieur, des essais ont par ailleurs été effectués en vue de déterminer et de mettre au point les applications complémentaires suivantes :

- projet pilote de cartographie des propriétés immobilières utilisant la technique du scanner, et comprenant la mise au point de logiciels d'imagerie et d'interaction avec les bases de données (Hydro-Québec, direction Propriétés immobilières) ;
- planification automatisée des circuits de visite pour les releveurs de compteurs à partir du fichier SGA (Hydro-Québec, région Laurentides) ;
- analyse d'un système de répartition des appels d'urgence et proposition d'implantation (Ville de Montréal, service de Protection contre les incendies).

Au cours de l'année 1989, le groupe TAI a intensifié sa prospection des marchés en vue de commercialiser ses produits connus sous le nom de M3I. Divers outils de promotion ont été conçus (démonstration sur PC portatif, vidéo, dépliants et brochures) et une salle de démonstration a été spécialement aménagée à la région Saint-Laurent.

Nous avons ainsi été en mesure d'offrir une présentation détaillée des produits M3I lors de nombreuses conférences et expositions spécialisées au Canada et aux États-Unis, de même qu'à la Conférence mondiale de l'énergie tenue à Montréal en septembre 1989.

Ces efforts ont abouti à une première percée commerciale : en août 1989, le Los Angeles Department of Water & Power octroyait en effet à Hydro-Québec un contrat d'étude de faisabilité pour l'installation à Los Angeles du module START (Système de traitement des appels relatifs aux défaillances) et des logiciels de support.

Systèmes experts

Les études entreprises par Hydro-Québec en 1987 sur les systèmes experts ont fait la preuve du grand potentiel de cette technologie. Par suite de ces activités exploratoires, l'entreprise décidait l'année suivante de créer un groupe de travail, le « task force systèmes experts », ayant pour mission de concevoir, de mettre au point et d'installer des systèmes experts dans les secteurs stratégiques de l'entreprise, soit la production, le transport et la distribution d'électricité.

Les travaux du groupe ont mené à la mise en place de plusieurs systèmes experts qui sont maintenant d'utilisation courante, et notamment les suivants :

- TRANSEPT-CA : système expert pilote servant à la conception préliminaire d'un réseau de transport en courant alternatif. Le prototype a été validé par les utilisateurs et un modèle final est en voie d'élaboration.
- EXSEMBLE : système expert servant à établir un plan d'ensemble en vue de la conception d'un poste à 120-25 kV de type II. Le prototype ayant démontré la validité de l'approche, Hydro-Québec passera à la réalisation du produit utilisateur.
- DIALEXT : système expert servant à la gestion des alarmes dans les centres d'exploitation régionaux (CER). Un modèle pilote a été réalisé et soumis à la région Maisonneuve aux fins de validation.

Par ailleurs, les projets suivants en sont au stade de prototypes ou de pilotes :

- LANGAGE : système expert généralisé servant au traitement des alarmes dans les CER, les postes et les centrales. Ce système constitue en fait une « coquille » de programmation qui fera économiser des ressources importantes quand le concept sera intégré à la conduite du réseau d'Hydro-Québec. Par la même occasion, une contribution importante sera apportée à l'amélioration de la fiabilité du réseau.
- SUBAREX : système expert servant à la surveillance des barrages. Ce système permettra une évaluation plus approfondie de la sécurité des barrages de l'entreprise.
- TRANSEPT CC : système expert servant à la conception préliminaire d'un réseau en courant continu. Ce prototype sera ultimement intégré à un progiciel qui comprendra également la version courant alternatif.

En raison de la nouveauté de la technologie, le groupe de travail sur les systèmes experts accorde une grande importance à la formation. Ainsi, des cours ont été donnés aux vice-présidents de l'entreprise ainsi qu'à certains de leurs subordonnés. En collaboration avec le Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM), nous avons mis sur pied, à l'intention d'une vingtaine de spécialistes, un cours d'ingénierie de la connaissance de niveau postuniversitaire, d'une durée de deux semestres.

Enfin, nous avons organisé le premier « Symposium international pour la démonstration des systèmes experts dans l'industrie électrique (SIDSE) », qui s'est tenu à Montréal du 7 au 12 mai. Plus de 200 délégués provenant de 16 pays et des 5 continents y ont participé. Douze organismes du Canada, de l'Espagne, des États-Unis, de France, de la Finlande, du Japon et de la Norvège ont présenté 19 démonstrations, dont 17 en temps réel. Ces présentations avaient lieu simultanément sur écrans géants à l'aide de projecteurs numériques, une première mondiale. Le SIDSE a fait la preuve de la viabilité et de l'intérêt de cette technologie pour les sociétés d'électricité.

Projets de développement

FILIÈRES À LONG TERME

Les travaux en supraconductivité se sont poursuivis cette année, principalement en vue d'améliorer les procédés de fabrication des céramiques supraconductrices de façon à obtenir une densité de courant plus élevée. Dans le domaine de la fusion nucléaire, tandis que le tokamak était démonté pour permettre l'installation de nouvelles composantes internes, l'équipe de recherche a consacré ses travaux à l'analyse détaillée des résultats de la première campagne d'essais ainsi qu'à l'amélioration des performances des divers dispositifs de mesure dont elle est responsable. Deux chercheurs ont été délégués en Europe pour participer au projet ITER, un projet multinational de conception et de construction d'un réacteur à fusion.

Par ailleurs, nous poursuivons nos travaux en télérobotique en vue notamment de mettre au point un système de contrôle adapté à un environnement de télérobotique. Enfin, nous avons terminé nos travaux sur la conversion catalytique du méthane.

RECHERCHES EN SUPRACONDUCTIVITÉ

Les activités dans le domaine de la supraconductivité se sont poursuivies sur plusieurs fronts en 1989. En ce qui a trait à l'expérimentation et à la recherche sur les céramiques supraconductrices, nous avons étudié divers composés en vue de caractériser leur structure et d'établir une relation entre celle-ci et leurs propriétés supraconductrices. Les céramiques étudiées sont des oxydes mixtes composés d'yttrium, de baryum et de cuivre. Ces recherches visent principalement à améliorer les procédés de fabrication de façon à obtenir une densité de courant critique plus élevée. À cet effet, nous avons acquis et mis en service un magnétomètre SQUID, un aimant supraconducteur pouvant atteindre 11 teslas ainsi que des appareils permettant de mesurer la densité de courant critique.

Mesure du courant critique de matériaux supraconducteurs.

Plus encore que la température critique, la densité de courant critique est une caractéristique essentielle des matériaux supraconducteurs : pour que leur utilisation soit profitable sur le plan technique et économique, celle-ci devrait atteindre de 10 à 100 kA/cm². Or à l'heure actuelle, elle n'est que de 1 kA/cm² dans les matériaux en films minces.

Par ailleurs, une étude sera entreprise en collaboration avec les services Méthodes numériques et Études de réseau sur l'utilisation d'accumulateurs magnétiques supraconducteurs d'énergie (AMSE) en tant qu'outils de stabilisation du réseau, en complément de la compensation statique et de la compensation série. Dans un premier temps, il s'agira essentiellement d'une étude de simulation et d'une évaluation des coûts. Si cette première étude est concluante, nous entreprendrons la conception et la fabrication d'un prototype aux fins d'essais.

Technologie des matériaux

Conversion catalytique du méthane en éthane et en éthylène

Nous avons mené à terme en 1989 une étude qui visait à établir la réaction du méthane avec l'oxygène labile contenu dans divers catalyseurs constitués d'oxydes réductibles. Cette réaction devrait normalement produire des hydrocarbures supérieurs (surtout de l'éthane et de l'éthylène), mais il est difficile de limiter l'oxydation totale du méthane en monoxyde et en bioxyde de carbone. Une série de catalyseurs ont donc été testés dans des réacteurs catalytiques afin de déterminer leur activité et leur sélectivité. Ces essais ont permis de mettre au point un catalyseur particulièrement actif et sélectif ($Li_2O/PbO/Pr_6O_{11}$). Par la suite, nous avons évalué l'influence de certaines conditions expérimentales (température, rapport CH_4/O_2 et temps de séjour) sur ce catalyseur. En outre, des analyses de thermogravimétrie (TGA), de diffraction des rayons-X et de XPS ont servi à caractériser divers catalyseurs tels le lithium, le plomb, le praséodyne et l'oxygène. Ce projet a été réalisé en collaboration avec CANMET et Gaz Métropolitain.

Parallèlement à cette étude, des travaux fondamentaux ont été réalisés à l'IREQ dans le cadre d'une thèse de doctorat en génie chimique (Université Laval). On a ainsi déterminé les propriétés d'oxydo-réduction de plusieurs catalyseurs, ce qui a permis d'établir que leur activité et leur sélectivité sont reliées à la réactivité de leurs oxygènes labiles. Enfin, l'analyse approfondie du catalyseur Li/Pb/Pr/O et de ses précurseurs (Pr/O et Li/Pr/O) par TGA et par XPS a permis de mieux comprendre les mécanismes en cause et de proposer un schéma réactionnel.

Chimie des matériaux

Activités en télérobotique

De concert avec le Centre de recherche informatique de Montréal et l'université McGill, nous avons lancé cette année un projet de recherche visant à la mise au point d'un système de contrôle adapté à un environnement de télérobotique. Une étude de faisabilité concernant la robotisation de l'entretien du réseau souterrain a également été réalisée ; il en ressort qu'il serait difficile d'automatiser les tâches d'entretien, à moins d'apporter des modifications importantes au matériel et aux normes de construction.

L'équipe de robotique a également participé à la préparation d'un devis technique pour l'achat d'un télémanipulateur destiné à la direction Distribution. Par ailleurs, nous avons procédé à l'expérimentation d'un poignet de force servant à guider en temps réel notre robot d'essais en laboratoire.

Nous avons aussi évalué divers champs d'application pour les robots mobiles, notamment le positionnement des capteurs sur l'appareillage sous tension et l'inspection du barrage Daniel-Johnson.

D'importants efforts ont enfin été consentis à l'élaboration d'un programme de recherche appliquée en robotique. Celui-ci tient compte des besoins de l'entreprise, de l'expertise disponible et des retombées potentielles sur les activités parallèles des autres unités de l'entreprise et des partenaires industriels.

Électronique

Après avoir été démonté toute l'année afin de permettre l'installation de composantes internes, le tokamak de Varennes sera remis en service au printemps 1990.

FUSION MAGNÉTIQUE

Centre canadien de fusion magnétique

Depuis 1988, les recherches d'Hydro-Québec dans le domaine de la fusion magnétique sont encadrées par le Centre canadien de fusion magnétique (CCFM), une société autonome formée conjointement par Hydro-Québec, L'Énergie atomique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifique, qui en sont les principaux bailleurs de fonds.

Le mandat du CCFM est d'exploiter les installations du tokamak de Varennes dans le cadre du programme canadien de recherche en fusion. À cet égard, il contribue dans toute la mesure de son expertise scientifique — et à l'intérieur de certains créneaux — au développement de la fusion, une source d'énergie aussi nouvelle que prometteuse dont l'impact sur l'environnement est faible. Les installations et le programme de recherche doivent être adaptés aux créneaux retenus, soit l'étude des configurations magnétiques tokamak dites « déflecteurs » ainsi que des phénomènes physiques survenant à l'interface du plasma chaud du tokamak et de l'enceinte de confinement. Toutes ces activités visent à augmenter la longueur des impulsions de puissance dans les tokamaks.

Le CCFM a également pour mandat de favoriser l'intégration dans l'économie régionale des technologies mises au point en cours de recherche, qui constituent de nouvelles technologies de pointe d'un grand potentiel.

En plus de sa contribution financière, Hydro-Québec fournit au CCFM des locaux à l'intérieur du laboratoire Grande puissance, une équipe expérimentée de recherche et divers services de soutien administratif.

Au sein du CCFM, le rôle imparti à l'équipe du groupe TAI touche quatre domaines : la direction du Centre, l'exploitation du tokamak, la mise au point et l'exploitation de diagnostics scientifiques ainsi que divers travaux théoriques.

Contributions expérimentales au tokamak de Varennes

La première série de mesures expérimentales, entreprise en mars 1987 avec la production du premier plasma, a pris fin en décembre 1988. Durant cette période, la performance du tokamak de Varennes a égalé ou dépassé les prévisions, et le programme scientifique a accompli conséquemment d'importants progrès.

En janvier 1989, le tokamak a été partiellement démonté en vue de permettre l'installation de nouvelles composantes : des bobines internes servant à créer une configuration magnétique de déflecteur ; d'autres bobines facilitant un asservissement rapide de la position horizontale du plasma ; et une doublure métallique (inconel) installée entre le plasma et l'enceinte à vide.

L'atelier mécanique de la vice-présidence Laboratoires s'est vu confier la tâche délicate de fabriquer les composantes internes. Les travaux d'installation, de démontage et de remontage du tokamak ont été confiés à une équipe du service Réfections et Ingénierie de construction (groupe Équipement). On a également profité de cette période pour installer un nouveau dispositif d'alimentation électrique pour la commande de la position horizontale du plasma. La remise en service du tokamak de Varennes est prévue pour le premier semestre de 1990.

Le tokamak de Varennes étant hors de service durant toute l'année, l'équipe du groupe TAI a concentré ses efforts sur le dépouillement des résultats de la première campagne de mesures, de même que sur l'amélioration de la performance des divers diagnostics dont elle est responsable. Ainsi, l'interféromètre sous-millimétrique a été muni de canaux de polarimètre afin de mesurer le profil de courant plasma dans le tokamak, un paramètre très important, mais difficile à mesurer.

Pour ce qui est du système d'imagerie des rayons X mous émis par le plasma, la haute qualité des reconstructions tomographiques bidimensionnelles a permis, pour la première fois, de choisir entre deux théories inconciliables de l'instabilité en « dents de scie ».

Les diagnostics de spectroscopie des rayons X et de diffusion Thomson, deux méthodes de mesure complémentaires des très hautes températures observées dans les tokamaks, ont subi des modifications importantes en vue d'augmenter la qualité, le détail et la fonctionnalité des mesures.

Contributions théoriques

Les chercheurs-théoriciens d'Hydro-Québec forment une partie importante des membres du groupe de Théorie et Interprétation du CCFM, un groupe dont la valeur est confirmée par sa collaboration étroite avec d'autres centres de recherche importants oeuvrant dans le même domaine tels que le MIT (États-Unis), UKAEA-Culham (Angleterre), l'Université de Nancy et CEN-Caderache (France).

Projet ITER

Parmi les autres activités du CCFM en 1989, notons le début de sa participation directe à ITER, un projet multinational de conception et de construction d'un réacteur à fusion. Quatre partenaires majeurs sont associés au projet : l'Europe, les États-Unis, le Japon et l'URSS. Pour sa part, le Canada y participe par l'intermédiaire du programme européen et, dans une moindre mesure, par ses travaux menés en collaboration avec les États-Unis. Le CCFM a en outre détaché deux chercheurs chevronnés, dont l'un du groupe TAI, auprès de l'équipe du Next European Torus (NET) à Garching, en République fédérale d'Allemagne. Le NET constitue la pierre d'angle des contributions européennes au projet ITER.

Fusion

NOUVELLES INSTALLATIONS

La nouvelle aire d'essais de câbles souterrains à haute tension a été parachevée cette année, et les essais des prototypes de câbles à 500 kV c.c. destinés à la traversée sous-fluviale du Saint-Laurent ont débuté à l'automne. Nous avons également entrepris la construction sur nos terrains d'un centre d'interprétation des champs électriques et magnétiques. Une nouvelle ligne d'essais mécaniques sera aussi construite dans le voisinage de l'IREQ.

Par ailleurs, l'aménagement du centre d'études et de simulation de réseaux s'est poursuivi au cours de l'année. Mentionnons enfin qu'un nouveau dispositif de levage d'appareils lourds a été installé au laboratoire Haute tension.

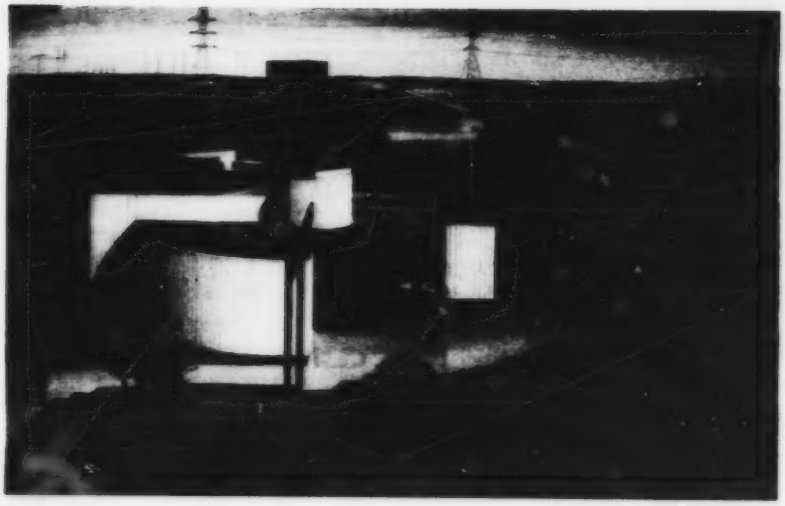
AIRE D'ESSAIS DE CÂBLES À HAUTE TENSION

La construction de la nouvelle aire d'essais extérieure, spécialement conçue pour l'étude des câbles souterrains à haute tension, a été achevée au cours de l'année. Ces travaux ont été réalisés par la vice-présidence Équipements de production et Édifices.

Après les essais de vérification et de mise en route, effectués au cours de l'automne, les essais sur les prototypes de câbles à ± 500 kV provenant de trois constructeurs ont commencé à la fin de novembre. Le programme de démonstration, qui durera onze mois, s'inscrit dans le cadre du projet de traversée sous-fluviale de la ligne en provenance de la Baie James. Il vise à vérifier l'ensemble des composantes et à évaluer leur comportement à long terme dans des conditions simulant les conditions réelles d'exploitation (voir l'article sur le programme d'essais en p. 20).

D'une superficie totale de 20 000 m², l'aire d'essais est située entre les laboratoires Haute tension et Grande puissance. Elle comprend les appareillages suivants : une source de tension continue de 1,2 MV, 50 mA ; une source de tension résonnant série de 1,2 MV, 16 MVA ; trois sources de courant de 4 kA, 150 V, 60 Hz ; et un générateur de chocs de 3,6 MV, 360 kJ. Trois boucles de câble ainsi que leurs traversées et l'appareillage

La nouvelle aire d'essais de câbles souterrains à haute tension perce au travers d'un fin brouillard à l'aube d'une très froide journée de décembre.



Le centre d'interprétation des effets des champs électriques et magnétiques accueillera ses premiers visiteurs au cours de l'été 1990.

connexe peuvent y être installés simultanément. Les caractéristiques du poste d'alimentation sont les suivantes : 25 kV/600 V, 5 MVA. Le bâtiment de commande, d'une superficie de 160 m², abrite le système de mesure et d'acquisition.

Cette installation servira également dans l'avenir à l'étude de câbles à des tensions encore plus élevées, notamment les câbles à 800 kV c.a.

Laboratoire Haute tension

CRÉATION D'UN CENTRE D'INTERPRÉTATION DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

Dans le cadre de son Plan d'action sur les effets des lignes électriques, Hydro-Québec a entrepris la construction, sur les terrains de l'IREQ, d'un Centre d'interprétation visant à informer le public sur la nature de l'électricité et des champs électriques et magnétiques produits par les équipements électriques. Situé près de la ligne à 735 kV reliée au poste de Boucherville, le Centre, dont l'ouverture officielle est prévue en septembre 1990, offrira notamment aux visiteurs de l'information sur l'état des connaissances en ce qui touche les effets biologiques des champs électriques et magnétiques, répondant ainsi à certaines préoccupations du public face à ce phénomène.

D'une superficie de 500 m², le Centre d'interprétation sera doté d'une salle polyvalente destinée notamment à l'animation et à la projection de films, ainsi que d'une salle d'exposition où seront traités différents thèmes : l'électricité dans la vie quotidienne (électricité statique, aimants, brouillage des ondes radio et de télévision, etc.) ; l'électricité dans la nature (foudre, aurores boréales, présence dans les organismes vivants, les neurotransmetteurs, etc.) ; les champs électriques (notions de base en électricité, structure atomique, tension, courant, champs électriques et magnétiques) ; l'électricité et la santé (effets biologiques des champs électriques et magnétiques, recherches et applications médicales de l'électricité).

Les expositions étant de type interactif, les visiteurs pourront faire l'expérience de divers phénomènes électriques. Un sentier leur permettra également de se rendre sous la ligne à 735 kV.

Le comité technique responsable du projet regroupe des représentants des vice-présidences Environnement, Recherche, Information et Affaires publiques ainsi que de la direction Santé-Sécurité.

CONSTRUCTION D'UNE NOUVELLE LIGNE EXPÉRIMENTALE D'ESSAIS MÉCANIQUES

Une nouvelle ligne expérimentale d'essais mécaniques sera construite au coût de 2,3 millions de dollars dans le voisinage de l'IREQ. Elle servira principalement à l'étude des vibrations des conducteurs aériens sous l'effet de vents de faible intensité, lesquelles influent sur la fiabilité des réseaux de transport et de répartition. En exploitation au début de 1991, la nouvelle installation sera également utilisée pour la mise au point de systèmes anti-vibratoires (amortisseurs, entretoises, etc.).

Longue de 1,5 km, la nouvelle ligne comprendra quatre pylônes du même type que ceux de la ligne à courant continu de ±450 kV Baie James – Nouvelle-Angleterre ; non alimentée électriquement, elle sera installée sur un site balayé par des vents de faible intensité et de faible turbulence. Son emplacement sera déterminé une fois terminées les études de distribution des vents.

La ligne d'essais mécaniques actuelle, située aux Îles-de-la-Madeleine dans le golfe du Saint-Laurent, a été construite en 1973 en raison de l'abondance des vents forts dans cette région ; elle ne sera pas démantelée et continuera d'être utilisée pour des études de longue durée, par exemple des études de fatigue, ne nécessitant pas la présence permanente de personnel sur place.

Mécanique

INSTALLATION D'UNE POUTRE DE LEVAGE AU LABORATOIRE HAUTE TENSION

Une nouvelle poutre de levage d'une capacité de 325 t a été installée au début de l'année dans l'annexe du laboratoire Haute tension. Cette poutre sert à la manutention des équipements lourds tels que les transformateurs de puissance, les inductances shunt, etc.

Sa grande capacité et sa simplicité de fonctionnement, comparativement aux équipements dont nous disposions auparavant, facilitent la manutention et réduisent les délais de montage des appareils. La nouvelle poutre contribue également à améliorer les conditions de travail des employés et à réduire les risques d'accidents.

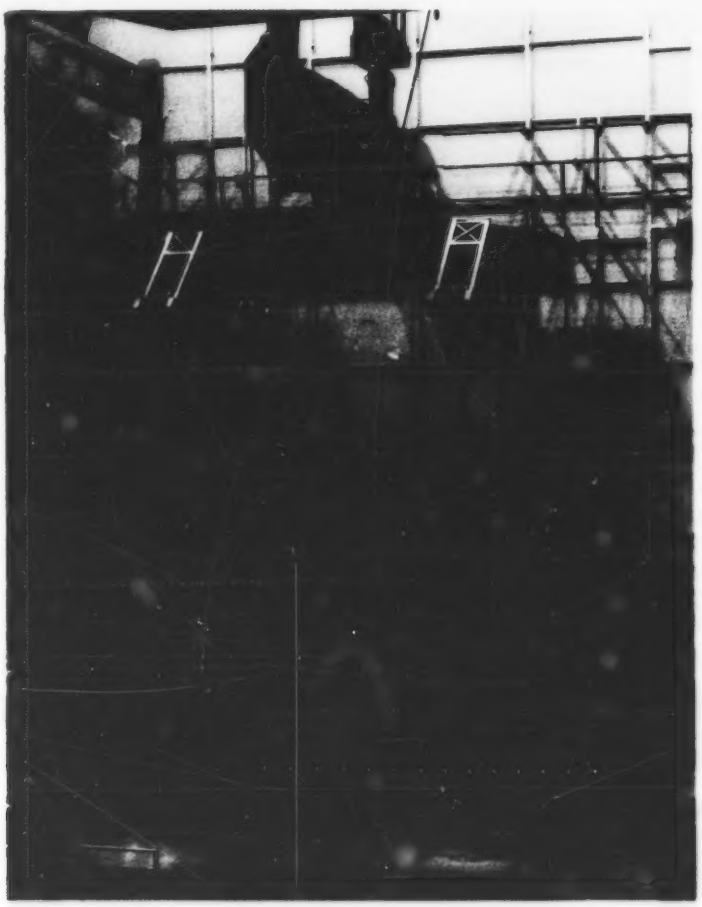
Laboratoire Haute tension

AMÉNAGEMENT DU CENTRE D'ÉTUDES ET DE SIMULATION DE RÉSEAUX

L'aménagement du nouveau centre d'études et de simulation de réseaux s'est poursuivi tout au long de l'année. Le personnel a commencé à occuper les bureaux dès le mois de février, tandis que les équipements de simulation étaient progressivement mis en service. Au mois de décembre, on procédait à la vérification des derniers éléments requis pour l'étude de la 11e ligne : réseaux d'Hydro-Québec et de la Nouvelle-Angleterre, compensateurs statiques et systèmes de commande de l'interconnexion à c.c.

Cependant, pour répondre à la fois aux besoins d'études relatifs à la mise en service de la 11e ligne (Baie James – Nouvelle-Angleterre) et à la compensation série, l'ancien simulateur a été maintenu en service durant toute l'année. De plus, la conception originale du nouveau simulateur a été revue de façon à disposer en permanence de deux modèles du réseau d'Hydro-Québec. La configuration des équipements a donc été repensée et des équipements supplémentaires ont été prévus. Ces derniers sont en voie de construction et les travaux devraient prendre fin en juin 1990.

Études de réseaux



Une nouvelle poutre de levage d'une capacité de 325 t a été installée au laboratoire Haute tension.

ACTIVITÉS COMMERCIALES

Plusieurs ententes commerciales ont été conclues en 1989 en vue de la fabrication et de la mise en marché de divers produits mis au point dans l'entreprise. Nous avons aussi cédé dix nouvelles licences. Parmi les produits visés, mentionnons le PAVICA (palpeur et analyseur de vibrations des conducteurs aériens) ; des résistances à haute densité de puissance pour le chauffage de l'air ; un système d'attache et une entretoise-amortisseur ; et plusieurs logiciels administratifs et d'analyse de réseaux.

Mentionnons également que nous avons obtenu 12 brevets sur de nouveaux produits mis au point dans nos laboratoires.

COMMERCIALISATION DE LOGICIELS

Le logiciel Meco a été officiellement lancé en octobre 1989 par la société Strateck Technologies, une entreprise spécialement créée pour la commercialisation des logiciels administratifs. Mis au point par la vice-présidence Informatique, Meco est un logiciel d'automatisation des parcs d'ordinateurs centraux.

Par ailleurs, Hydro-Québec a conclu avec sa filiale Cyme International, une entreprise vouée à la commercialisation des logiciels d'analyse de réseaux, plusieurs ententes en vue de commercialiser d'autres logiciels conçus à Hydro-Québec. Citons une première entente concernant le logiciel MBRUIT, qui détermine le niveau du bruit et les courbes isophoniques d'un appareillage bruyant. Lancé sur le marché à l'été 1989, MBRUIT avait été mis au point par le service Études et Normalisation (vice-présidence Équipement).

Une deuxième entente couvre les versions « stations de travail » des logiciels Stabilité de réseau, Court-circuit et Écoulement de puissance, issus du service Méthodes numériques de l'IREQ. Cette entente prévoit également le transfert d'améliorations techniques aux versions « micro-ordinateur » révisées de ces mêmes logiciels.

Une troisième entente a trait au logiciel INIFI de la vice-présidence Équipements de transport, un logiciel qui calcule les flèches des lignes de transport.

Soulignons que l'augmentation constante du nombre de logiciels commercialisés par Cyme lui a permis de se hisser en moins de quatre ans aux premiers rangs de l'industrie en Amérique pour ce type de logiciel.

Bureau de commercialisation

Photo : Cyme International

LICENCE ACCORDÉE POUR UNE NOUVELLE ÉLECTROTECHNOLOGIE

Hydro-Québec a accordé cette année une licence avec option d'achat de capital-actions pour la fabrication et la commercialisation d'une nouvelle électrotechnologie : les résistances à haute densité de puissance pour le chauffage de l'air. Le contrat a été signé le 13 juin par les représentants du Bureau de commercialisation (groupe TAI) et ceux des firmes Pyradia et Intek qui se sont associées pour former une nouvelle entreprise à cette fin.

La nouvelle technologie résulte des travaux entrepris à l'IREQ il y a plus de trois ans sur le chauffage électrique par résistances, et qui ont été repris au LTEE au début de 1988.

Par comparaison aux technologies connues — éléments spiralés ouverts ou éléments tubulaires blindés —, les nouveaux éléments chauffants permettent de réduire considérablement le volume des systèmes de chauffage de l'air. Ces éléments sont formés de plaques métalliques perforées, entaillées et assemblées pour créer une résistance électrique.

De nombreux logiciels ont fait l'objet d'ententes commerciales avec Cyme International.

L'ensemble possède une densité de puissance volumique de 10 à 50 fois supérieure aux technologies classiques.

Bureau de commercialisation

ENTENTE DE COMMERCIALISATION DU PAVICA

Hydro-Québec a signé le 7 juillet 1989 avec la firme québécoise Roctest une entente touchant la fabrication et la commercialisation d'un appareil nommé PAVICA : palpeur et analyseur de vibrations des conducteurs aériens. Cet appareil permet de mesurer les vibrations auxquelles sont soumis les conducteurs aériens sous l'effet du vent, et de calculer leur durée de vie anticipée.

Mis au point par le service Mécanique, en collaboration avec le service Électronique et les ingénieurs de Roctest, le PAVICA permet non seulement d'effectuer des mesures de haute précision, mais également d'en faire le traitement et l'analyse sur place grâce au microprocesseur dont il est doté.

En plus d'offrir le choix entre plusieurs échelles de mesure, il permet de programmer la durée de chaque mesure (de 1 à 12 secondes) ainsi que le temps d'attente entre les mesures (de 1 à 255 minutes) ; il emmagasine les données dans une matrice de 64 sur 64. La grande innovation demeure le microprocesseur qui équipe le PAVICA et qui permet à l'utilisateur de programmer les différents paramètres d'essais à l'aide d'un terminal doté d'un lien de communication standard (type RS-232). Au moment de la lecture, le microprocesseur compile et traite les données emmagasinées afin d'établir la cote de longévité anticipée du conducteur à l'essai. Ce calcul se fonde sur la théorie du dommage cumulatif dans les structures soumises aux vibrations.

Le nouvel appareil se présente dans un boîtier semblable à celui du TVM-90 déjà commercialisé par Roctest. Il a la particularité de s'installer directement sur le conducteur plutôt que sous la pince de suspension. On peut le monter directement sur une ligne sous tension à l'aide d'une perche isolante et le placer à divers endroits le long du conducteur, par exemple à proximité d'une entretoise. L'appareil est plus léger et plus compact que ses concurrents ; il peut fonctionner à des températures variant de −40 °C à +70 °C, avec une autonomie de trois mois.

Bureau de commercialisation

LICENCES ET PROJETS CONJOINTS DE DÉVELOPPEMENT AVEC LES INDUSTRIES LYSTER

Hydro-Québec et Les Industries Lyster ont signé le 16 octobre 1989 un contrat visant la réalisation de projets conjoints de développement. Le contrat, qui prévoit également l'octroi de licences, comporte deux volets. D'une durée de huit mois, le premier porte sur un nouveau système d'attache de type casse-noisette, adaptable à toutes les entretoises-amortisseurs de type Hydro-Québec ; son coût total est de 114 000 $. Le second volet, d'une durée de 14 mois, porte quant à lui sur une nouvelle entretoise-amortisseur de type Hydro-Québec destinée aux faisceaux de trois conducteurs ; son coût total sera de 500 400 $.

Hydro-Québec n'en est pas à son premier contrat avec Les Industries Lyster. En effet, l'entreprise a déjà conclu le 10 juillet 1987 deux ententes avec cette firme, soit un accord de fabrication et une licence de commercialisation relativement aux entretoises-amortisseurs de type Hydro-Québec pour les faisceaux de deux et de quatre conducteurs.

Bureau de commercialisation

COLLABORATION AVEC L'INDUSTRIE

Le groupe TAI effectue des travaux de recherche-développement ainsi que des essais pour le compte de clients extérieurs, et collabore avec eux à la réalisation de nombreux projets. Constructeurs d'appareillage électrique, sociétés de génie-conseil, centres de recherche et universités sont autant de partenaires privilégiés. Nous vous présentons ci-après la liste des entreprises et des organismes avec lesquels nous avons collaboré ; on trouvera également d'autres renseignements sous la rubrique Activités internationales, consacrée aux projets réalisés dans plus de vingt-cinq pays.

ABB – ASEA Brown Boveri
ABB Power (É.-U.)
ACDI – Agence canadienne de développement international
ACE – Association canadienne de l'électricité
Acier Slater
Agrinove
Air Liquide Canada
Alba
Alcan
Aluchem
Approvisionnements et Services Canada
Automatec
B.C. Hydro
B.G. Checo
Bell Canada Entreprises
Bombardier
Boulangerie Doyon
Câbles Pirelli

Préparation d'un essai de fatigue de l'acier d'une conduite forcée de la centrale de Beauharnois 2.

CAE Électronique
Caisse de dépôt et placement du Québec
Canatom
CANDU Owners Group
CANMET – Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Carrières Bedford
CDK Composites
CDNS – Centre de déshydratation Nord-Sud
CEN-Caderache (France)
Chem Security
CIL
Circul-Aire
Commission électrique du Nouveau-Brunswick
Conseil de l'industrie de l'hydrogène
Consoltex
Coretech
CRDA – Centre de recherche et de développement alimentaire
CRIM – Centre de recherche informatique de Montréal
CRIQ – Centre de recherche industrielle du Québec
Culinar
Cyme International
Dettson
EACL – L'Énergie atomique du Canada Limitée
Ebonex Technologies (É.-U.)
École Polytechnique de Montréal
Electricity Council Research Centre (G.-B.)
Electrolyser
Electrosynthesis Company (É.-U.)
Énergie, Mines et Ressources Canada
Environnement Canada
Environnement Ontario
Environnement Québec
EPRI – Electric Power Research Institute (É.-U.)
ETS – École de technologie supérieure
Euratom
Fameca (France)
Federal Pioneer
Fednav
Fenco Lavalin/LGL
Fibro-Decor
Finisseurs de Montréal
Gaz Métropolitain
GEC Alsthom Énergie
Générale Électrique Canada
GERAD – Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions
Gradek Industrie
Hitachi (Japon)
ICI – Imperial Chemical Industries (G.-B.)
IGM – Institut de génie des matériaux
Industries FP
Industries Lyster
Industries 3R
Innovation technologique Intek
INRS – Institut national de la recherche scientifique
Institut français du pétrole (France)
Jomac
Joslyn Canada
Lactancia
Les Industries mondiales Armstrong Canada
Les Câbles Canada
Los Angeles Department of Water & Power (É.-U.)
Ludwig-Bölkow-Stiftung (RFA)
Malette Waferboard
Manitoba HVDC Research Centre
Manitoba Hydro
Maritime Electric
Maxtemp Thermo Confort
Melri
MIT – Massachusetts Institute of Technology (É.-U.)
Montel
Nova Scotia Power Commission
Ontario Hydro
PAPRICAN – Institut canadien de recherche en pâtes et papiers
Pirelli (Italie)
Positron Industries
Powertech
Precarn Associates
Pyradia
QIT – Fer et Titane
Recherches Bell-Northern
Reichhold Limited
Research & Productivity Council of New-Brunswick
Roctest
S & C Electric Company (É.-U.)
Sandia Laboratories (É.-U.)
Satexil
Siemens
Snemo
Société pétrochimique Kemtec
SODAM – Société de développement agro-alimentaire de la Mauricie
Sodexen
Stella
STK (Norvège)
Stoody Delloro Stellite
Strateck Technologies
Syprotec
Technologies MPB
Tecrad
Thermonic
Tissus Hafner
Transformateurs Ferranti-Packard
Trench Electric
UKAEA-Culham (G.-B.)
Ultraoptec
Union Carbide (É.-U.)
Unisys Canada
Université de Grenoble (France)
Université de Montréal
Université de Nancy (France)
Université de Sherbrooke
Université du Québec à Chicoutimi
Université du Québec à Trois-Rivières
Université Laval
Université McGill
University of St. Andrews (Écosse)
Vesta Technologies (É.-U.)
Vibro-Meter
Volta Énergie
W.R. Grace (É.-U.)
Zagram Canada

ACTIVITÉS INTERNATIONALES

Hydro-Québec International (HQI) a poursuivi en 1989 la promotion et la commercialisation du savoir-faire d'Hydro-Québec dans l'exploitation d'installations électriques. Des projets ont été entrepris ou poursuivis dans quelque 25 pays d'Afrique, d'Asie, d'Océanie et d'Amérique du Sud. Notons en particulier que plusieurs études d'interconnexions électriques multinationales ont débuté cette année.

AFRIQUE

Cameroun

Notre collaboration avec la Société nationale d'électricité du Cameroun (SONEL) s'est poursuivie cette année encore par le biais de l'important programme de formation et d'assistance technique mis sur pied il y a plusieurs années. En vertu des ententes de coopération et d'appui institutionnel conclues avec la SONEL, une quinzaine de spécialistes d'Hydro-Québec œuvrent toujours au sein de la société. Le programme de formation destiné aux ingénieurs, aux techniciens et aux cadres de la SONEL s'est également poursuivi pour la cinquième année dans des établissements d'enseignement du Québec et dans divers services d'Hydro-Québec.

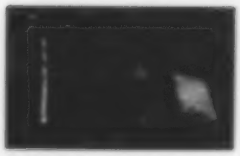
Quant à l'étude d'actualisation du projet de Nachtigal, qui comporte l'aménagement d'une centrale de 260 MW sur le Sanaga, elle a été menée à terme au cours de l'année.

Côte d'Ivoire

Deux spécialistes d'Hydro-Québec ont été détachés pour une période de deux ans auprès d'organismes de la Côte d'Ivoire. Le premier conseillera la société d'énergie électrique nationale en matière de comptabilité et de finances. Le second, un ingénieur en distribution, oeuvrera au sein de la direction Contrôle des grands travaux. Rappelons qu'un autre spécialiste d'Hydro-Québec agit depuis 1987 à titre de conseiller technique chargé du suivi du secteur énergétique auprès du ministère de l'Industrie et du Plan.

Égypte

Six cadres et ingénieurs de la société nationale d'électricité ont effectué des stages de formation à Hydro-Québec dans le domaine de la conduite de réseaux. Ces stages sont organisés dans le cadre du projet d'installation d'un centre de conduite de réseaux au Caire réalisé par Ontario Hydro.



Cameroun

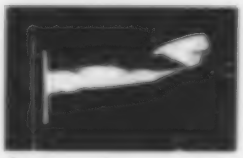
Guinée

Mali

Côte d'Ivoire

Maroc

Madagascar



Égypte

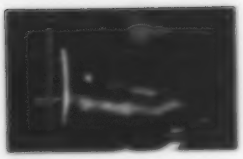
Sénégal

Guinée

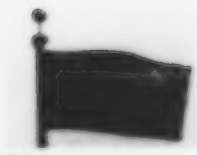
Deux experts d'Hydro-Québec, spécialisés dans les domaines de l'informatique et de la comptabilité, ont effectué cette année une intervention ponctuelle auprès de la société nationale d'électricité de Guinée (ENELGUI).

Madagascar

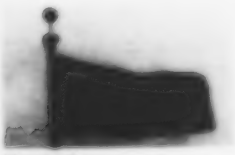
Dans le cadre d'une étude de planification amorcée en 1988, nous avons réalisé des études tarifaires et poursuivi un important programme d'assistance technique et de formation du personnel de l'entreprise nationale d'électricité. Ce projet vise à établir un premier plan d'expansion au moindre coût des réseaux de production et de transport d'électricité pour l'ensemble du pays. L'assistance technique prendra fin au printemps 1990.



Togo



Zaïre



Mali

Réunie en consortium avec la société Tractebel, HQI a supervisé les travaux de construction d'une ligne à 150 kV de 230 km de longueur entre Bamako et Ségou qui se sont amorcés au cours de l'année. Cette ligne constituera l'une des principales artères du réseau malien et alimentera des réseaux à moyenne tension à 15 kV et à 30 kV. L'étude d'ingénierie de cette ligne, entreprise par HQI en 1984, s'était terminée en 1988.

Par ailleurs, un expert en approvisionnement a été détaché pour une période de deux ans auprès de la société nationale d'électricité (EDM).

Maroc

Nous avons mené à terme cette année des études d'avant-projet amorcées en 1988 et portant sur deux projets : l'aménagement d'une micro-centrale hydroélectrique dans un village de l'Atlas, et la construction de réseaux de distribution pour une cinquantaine de villages en milieu rural.

Sénégal

Deux des trois spécialistes d'Hydro-Québec détachés en 1987 auprès de la Société nationale d'électricité du Sénégal ont poursuivi leur mandat cette année. Ils agissent toujours à titre de conseillers techniques dans le domaine de l'exploitation des installations de production, de transport et de distribution, ainsi que dans le domaine des comptes-clients.

Par ailleurs, le programme de formation destiné au personnel sénégalais s'est poursuivi tant au Québec qu'au Sénégal. Enfin, l'étude de faisabilité concernant le futur centre national de répartition, amorcée en 1988, a été menée à bien au cours de l'année.

Togo

Une évaluation des besoins de réhabilitation du réseau de distribution de la ville de Lomé a été effectuée cette année. En outre, un spécialiste en gestion des stocks et de l'approvisionnement a été détaché pour deux ans auprès de la Société nationale d'électricité.

Zaïre

Par suite des études de stabilité du barrage de N'Zilo menées au cours des dernières années, HQI a entrepris des études d'ingénierie détaillées aux fins de la réhabilitation. Amorcé en 1988, le programme de formation destiné aux ingénieurs et aux techniciens de l'entreprise nationale d'électricité a pris fin au cours de l'année.

Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal

Hydro-Québec International a mené à bien en 1989 une étude de faisabilité touchant la ligne de transport qui acheminera la production de la centrale hydroélectrique de Manantali aux trois pays membres de l'Organisation, soit le Sénégal, le Mali et la Mauritanie. Cette étude a été réalisée en collaboration avec les firmes Tractebel et EDF International.

ASIE – OCÉANIE

Australie

Une étude des performances dynamiques de deux compensateurs statiques fabriqués par la société Siemens a été réalisée en 1989. Ces compensateurs sont destinés au poste Kemp Creek en Nouvelle-Galles du Sud (Australie). L'étude, d'une durée de trois mois, a été effectuée au printemps à l'aide du nouveau simulateur de réseaux.

Corée

Trois chercheurs du groupe TAI ont réalisé une étude portant sur la conception d'un circuit d'essais synthétiques destiné au Korea Electrotechnology Research Institute (KERI). Travaillant en étroite collaboration avec la firme coréenne Daewoo Engineering, responsable de l'ingénierie détaillée du projet, les chercheurs se sont inspirés de l'expérience acquise à l'IREQ au cours des dix dernières années grâce au circuit d'essais synthétiques du laboratoire Grande puissance.

L'Institut de recherche coréen s'intéresse en particulier à certaines caractéristiques du circuit d'essai : la conception à plusieurs étages, la méthode de contrôle de la tension transitoire de rétablissement et le système d'amorçage au laser des éclateurs des condensateurs.

Les circuits à plusieurs étages sont particulièrement avantageux pour les installations à haute tension comme celles du KERI puisqu'ils permettent la construction d'un hall d'essais plus compact et moins dispendieux.

Inde

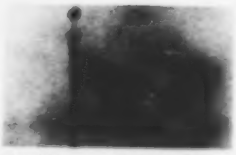
Une aide technique ponctuelle a été apportée à la société Bharat Heavy Electric relativement à l'installation d'équipements de compensation destinés à une aciérie que l'Hindustan Development Corporation projette de construire à Gwalior.

Le service Études de réseaux du groupe TAI a par ailleurs poursuivi sa collaboration à un projet spécial de recherche-développement approuvé par la Commission de planification. Ce projet vise à procurer à la société indienne d'électricité une expertise en matière de conception, d'installation et d'exploitation de réseaux CCHT. La société a entrepris la construction d'une liaison expérimentale CCHT à 200 kV, 400 MW, d'une longueur d'environ 200 km. En plus de participer à la mise en service de la première phase qui s'est terminée en octobre 1989, nous agissons à titre de conseiller en ce qui a trait à la conception des deuxième et troisième phases.

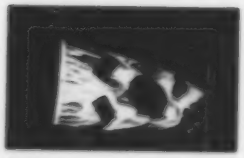
Nous avons par ailleurs participé à un séminaire sur le transport d'électricité à très haute tension organisé par la Central Board of Irrigation and Power à Delhi.

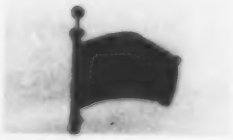
Enfin, une expertise ponctuelle a été fournie au gouvernement indien relativement à la mise en place d'un futur réseau national à 800 kV et à la formation d'une nouvelle entreprise gouvernementale : la National Power Transmission Corporation.

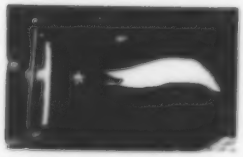
Australie

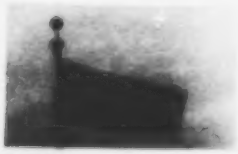

République populaire de Chine

Irak


Corée

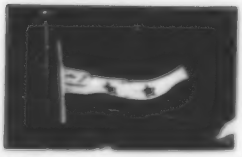

Venezuela


Jordanie


Colombie

Turquie

Inde


Syrie

RÉPUBLIQUE POPULAIRE DE CHINE

Hydro-Québec a continué d'offrir son assistance technique aux divers instituts de recherche en électricité de ce pays. Plusieurs ingénieurs et spécialistes chinois nous ont rendu visite afin de participer à des stages de formation relatifs à la simulation, à la télémesure, à la télécommande, à la téléprotection et aux vibrations des conducteurs.

Par ailleurs, les études complémentaires sur le projet des Trois-Gorges se sont poursuivies afin d'approfondir certains aspects des études déjà réalisées.

AMÉRIQUE DU SUD

COLOMBIE

Un expert en génie civil des barrages continue de participer régulièrement aux travaux du comité d'experts internationaux formé par la société Empresas de Energía Eléctrica de Bogotá (EEEB) pour veiller au suivi du projet Guavio. Ce dernier comprend une centrale hydroélectrique et deux lignes de transport à 230 kV d'une longueur de 100 km.

VENEZUELA

En collaboration avec la firme Rousseau, Sauvé, Warren, Hydro-Québec continue d'apporter à la société Electrificacíon del Caroni une assistance technique dans les domaines de l'ingénierie, de la gérance, de l'exploitation et de l'entretien des lignes à très haute tension, ainsi que des postes connexes.

Les interventions ont porté tout particulièrement sur les aspects suivants : méthodes et calculs de sélection des tensions dans les postes ; critères de sélection des équipements des postes ; diagnostics d'événements et de défauts d'équipements ; approche normalisée pour la conception des installations et le choix des équipements

INTERCONNEXIONS ÉLECTRIQUES MULTINATIONALES

ÉGYPTE-TURQUIE

Une étude d'interconnexion des réseaux de l'Égypte, de l'Irak, de la Jordanie, de la Syrie et de la Turquie a été amorcée en collaboration avec Ontario Hydro. Le secrétariat de l'organisme formé par ces pays pour gérer l'étude est situé à Amman, en Jordanie.

PÉNINSULE ARABIQUE

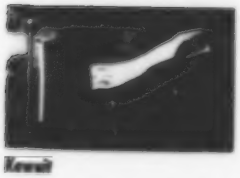
Une étude d'interconnexion des réseaux des pays de la péninsule arabique a été amorcée en collaboration avec la firme Lavalin pour le compte du Conseil de coopération du Golfe. Outre le Bahreïn, où siège le comité responsable de l'étude, les pays visés sont le Koweit, l'Arabie Saoudite, Qatar, Oman et les Émirats arabes unis.

ZAÏRE-ÉGYPTE

Deux spécialistes d'Hydro-Québec ont établi les termes d'un mandat visant la réalisation d'une étude d'interconnexion entre le Zaïre et l'Égypte.

Bahreïn

Qatar


Koweït

Émirats arabes unis

Oman

Arabie Saoudite

Sao Tomé et Principe

ACTIVITÉS RELIÉES AU SOMMET DES PAYS FRANCOPHONES

De nombreuses activités se sont tenues cette année dans le cadre du programme de coopération et de formation en matière de gestion des entreprises d'électricité. Ce programme, lancé en 1987 à la demande du gouvernement du Québec par suite du Sommet des pays francophones, a pour objet de mettre à la disposition d'autres entreprises l'expertise technologique et le savoir-faire administratif d'Hydro-Québec afin d'aider celles-ci à répondre à leurs besoins en matière de planification d'exploitation et de gestion. Le budget alloué à ce programme quinquennal, géré par HQI, est de 5 millions de dollars.

Divers projets de formation ou de coopération ont donc été menés en 1989 dans plusieurs pays francophones d'Afrique, notamment les suivants :

- Un plan directeur du secteur de l'énergie a été élaboré à l'intention de l'État de Sao Tomé et Principe, dans le golfe de Guinée.
- Un plan de formation pour le personnel de la Société nationale d'électricité du Sénégal (Sénélec) est en voie de réalisation, tandis qu'un autre, pour la Société nationale d'électricité du Togo (CEET), a été mené à terme.
- Deux séminaires sur le système de distribution nord-américain (MALT) ont été tenus, l'un au Sénégal, l'autre au Mali.
- Un film sur la Société nationale d'électricité du Cameroun (SONEL) est en voie de réalisation.
- Des stages destinés à neuf cadres supérieurs de l'Électricité du Mali (EDM) ont été effectués à Hydro- Québec.

PRIX ET DISTINCTIONS

Plusieurs membres du personnel du groupe TAI ont été honorés cette année par des organismes nationaux et internationaux. Voici la liste de ces lauréats.

IEEE - Section Montréal

Michel Duval, chercheur, service Chimie des matériaux, a été élu président de la section Montréal de l'IEEE pour un mandat d'un an. La section locale de l'organisme compte quelque 2 000 membres.

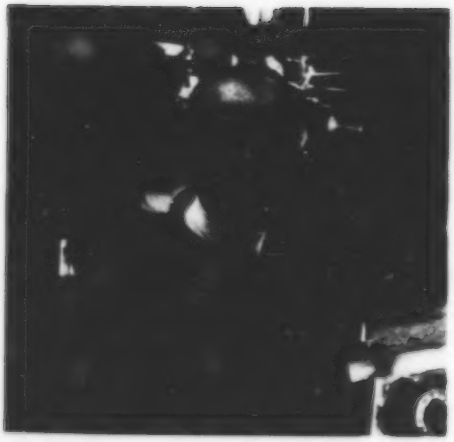
Prix MICA

Le Conseil de l'industrie électronique du Québec a accordé un prix MICA, dans la catégorie « Innovation Grande entreprise », au microohmmètre mis au point par François Morin, chercheur, service Chimie des matériaux.

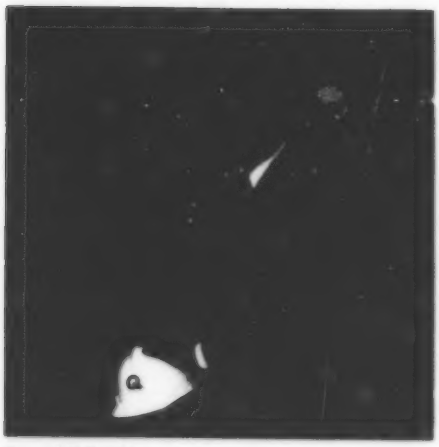
Cet appareil sert à mesurer des résistances électriques extrêmement faibles dans des raccords à l'intérieur desquels circulent des courants très élevés. On l'utilise actuellement pour calculer le décentrage des manchons de câbles à 735 kV et pour vérifier des joints neufs dans des alternateurs de centrale.

Prix Morris E. Leeds

Ryszard Malewski, chercheur, service Mesure et Informatique, a remporté le prix Morris E. Leeds de l'IEEE pour sa contribution exceptionnelle aux techniques de mesure de précision en haute tension et en grande puissance. Cette distinction lui a été attribuée en hommage aux nombreux articles techniques et scientifiques qu'il a rédigés ainsi qu'aux brevets qu'il a obtenus.



Michel Duval



Ryszard Malewski

François Morin

Prix R&D 100

La revue américaine *Research & Development* a retenu l'acier IRECA parmi les 100 produits les plus innovateurs à l'occasion de son concours annuel R&D 100. Ce produit a été mis au point par une équipe du service Technologie des matériaux composée de Raynald Simoneau, chercheur, chargé de caractérisation et de développement des matériaux ; Jean-Luc Fihey, chercheur ; Tony DiVincenzo et Jacques Larouche, techniciens.

L'acier IRECA est un matériau ultra-résistant utilisé pour la réparation des aubes de turbines endommagées par la cavitation érosive. Il est mis en marché sous le nom Hydroloy HQ 913 par la société Stoody Delloro Stellite en vertu d'un accord de licence.

Prix de la Société royale du Canada

La Société royale du Canada a remis à Ashok K. Vijh, maître de recherche, vice-présidence Recherche, la médaille Thomas W. Eadie en reconnaissance de ses contributions majeures dans le domaine de l'ingénierie et des sciences appliquées. M. Vijh est mondialement reconnu pour ses travaux en électrochimie et en physique électrochimique.

(de g. à d.) Jacques Larouche, Jean-Luc Fihey, Tony DiVincenzo et Raynald Simoneau.

Ashok K. Vijh

Hydro-Québec
75, boul. René-Lévesque ouest
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1A4
Téléphone : (514) 289-3402
Télécopieur : (514) 284-0136

Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)
1800, montée Sainte-Julie
Varennes (Québec)
Canada J3X 1S1
Téléphone : (514) 652-8413
Télécopieur : (514) 652-8434
Télex : 05-267486

Laboratoire des technologies électrochimiques
et des électrotechnologies (LTEE)
600, rue de la Montagne
Shawinigan (Québec)
Canada G9N 6T6
Téléphone : (819) 539-1400
Télécopieur : (819) 539-1409
Télex : 05-637267

Hydro-Québec International (HQI)
800, boul. de Maisonneuve est
Montréal (Québec)
Canada H2L 4L8
Téléphone : (514) 289-6822
Télécopieur : (514) 289-6138
Télex : 05-561385

Nouvelec inc.
1080, côte du Beaver Hall
Bureau 1810
Montréal (Québec)
Canada H2Z 1S8
Téléphone : (514) 879-1930
Télécopieur : (514) 861-6303

Dépôt légal – 2e trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISSN 0840-4291
ISBN 2-550-20774-2
D 90-0033